L22DC

SAVILLS I.M. SGR S.P.A.
Sede: Via San Paolo
20121 Milano

LIN10
Via della Costa, 2, Treviglio (BG), 24047
Edificio Ad Uso Data Center

VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
Ai sensi degli artt. 23-25 del D.Lgs.152/06

Documento:
4210_ES-V-RII-01-
Relazione di Invarianza Idraulica

Data
17 Dicembre 2025

Proprietario
Savills I.M. SGR S.p.A

Firmato digitalmente da: PAOLA ENRICA FIORINI
Data: 19/12/2025 16:49:57

Progettista
Ing. Massimo Gallina
Zest Srl - Direttore Tecnico

Consulente

Ing. Massimo Gallina

Firmato digitalmente da:
Ing. Massimo Gallina
Data: 17/12/2025 16:06:33

ZEST S.r.l.
Viale Ancona, 53 - 30172 Mestre - Venezia
P.IVA 04910690272
Tel. +39 041 934 4755
Email: info@zest-design.com – PEC: zest@pec.zest-design.com

Contents

1. PREMESSA 5
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO 6
2.1 Normativa di riferimento 6
2.2 Bibliografia di riferimento 8
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 8
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – IDROGEOLOGICO 9
5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO 20
6. VINCOLI IDRAULICI 20
7. PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA 21
8. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO 24
9. DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO 25
10. ANALISI IDROLOGICA 27
10.1 Curva di possibilità pluviometrica 27
10.2 Tempo di corrivazione 30
11. INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA 33
11.1 Coefficiente medio di deflusso 34
11.2 Calcolo dei volumi di laminazione 36
11.2.1 Volume minimo 36
11.2.2 Metodo delle sole piogge 37
11.2.3 Procedura dettagliata 41
11.2.4 Scelta dei volumi di invaso 45
12. SISTEMI DI INVASO 46
12.1 Tempo di svuotamento 47
13. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO DELLE ACQUE METEORICHE 48
14. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI RACCOLTA E TRASPORTO DELLE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO 49
15. CONCLUSIONI 50
16. APPENDICE 1: METODO DI NASH 50
13.1 Descrizione del processo fisico di formazione dei deflussi superficiali 50
13.2 Meccanismo di generazione dei deflussi superficiali 51
13.3 Formulazione del modello matematico 52
13.4 Calcolo del volume d'invaso 55

17. PIANO DI MANUTENZIONE 56
18. ALLEGATO E – ASSEVERAZIONE 57

1. PREMESSA

La presente relazione rappresenta lo studio di invarianza idraulica del nuovo Data Center, in via della Costa, 2, Comune di Treviglio (BG). L'intervento oggetto del presente studio consiste nella fase 1 del masterplan che prevede due fasi di ampliamento.

Il progetto segue i principi di invarianza idraulica ai sensi dell'art. 3, comma 2 lettera a) del Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)", recentemente aggiornato con il regolamento 19 aprile 2019, n. 8, 28 marzo 2025, n. 3 e smi.

Essa presenta uno schema della rete di trasporto e invaso delle acque meteoriche che rispetta le norme ambientali nazionali e regionali in essere. Gli impianti di trattamento delle acque di dilavamento non sono oggetto del presente studio ma comunque previsti a monte degli invasi.

Le acque di dilavamento provenienti da zone di sosta di eventuali autobotti vengono trattate e gestite, in linea con quanto indicato nel Regolamento Regionale.

Il sito del progetto LIN10 copre un'area di circa 156.200 mq ed era precedentemente di proprietà ed operato da Elcograf come uno dei principali stabilimenti tipografici. Il progetto LIN10 prevede la riqualificazione e il retrofit degli edifici e delle infrastrutture esistenti sul sito. L'obiettivo del progetto è sviluppare un campus di Data Center con una capacità IT di 72 MW (Fase 1). Si prevede lo sviluppo completo del sito nei prossimi cinque anni, a partire dal 2025.

Questo includerà una nuova progettazione per una capacità totale di 100 MW IT (Fase 2), come mostrato nella vista del masterplan riportata di seguito

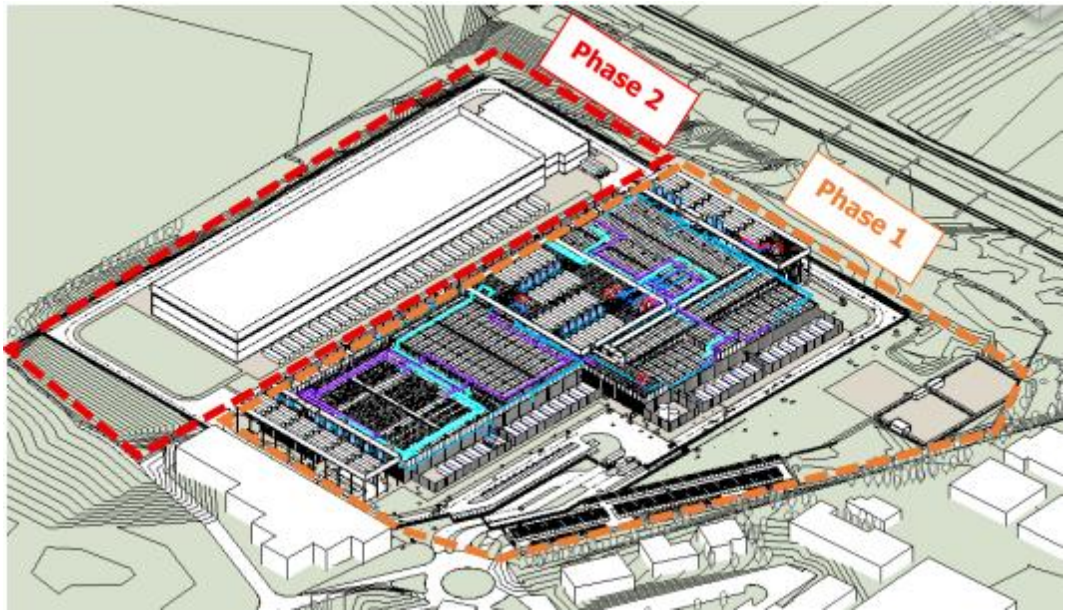


Figura 1- Overview

L'edificio principale per la Fase 1 sarà sviluppato su un unico livello per la parte del Data Center e su due livelli per il blocco uffici, mentre per la Fase 2 si prevede che l'edificio principale sia su due livelli sia per il Data Center che per il blocco uffici.

Per dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto della rete di gestione delle acque meteoriche.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

La normativa principale di riferimento riguarda la gestione delle acque in materia di qualità e di invarianza idraulica.

Il Testo Unico sulle Acque (D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152) e le successive correzioni e integrazioni (D.Lgs. 18 agosto 2000, n. 258) regolamentano le acque dal punto di vista qualitativo ed è recepito dalla legislazione regionale con il Regolamento Regionale 24 marzo 2006, n. 4 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26), e la Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche).

La Regione Lombardia ha deliberato il nuovo 24 aprile 2019 n. 8 a modifica del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7 recante i criteri e i metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio). Tale Regolamento prevede che le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle nuove aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono risultare maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

In sintesi, la normativa di riferimento è la seguente:

- Legge Regionale n.62 del 27 maggio 1985 - Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle pubbliche fognature -Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Piano regionale di risanamento delle acque: Criteri di pianificazione in rapporto alla gestione delle risorse idriche lombarde.
- Decreto Legislativo 11 Maggio 1999 n.152 - Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.
- Decreto Legislativo 18 Agosto 2000 n.258 - Disposizioni correttive e integrative del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della L. 24 aprile 1998, n. 128.
- Regolamento Regione Lombardia 24 marzo 2006 n.4: Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52, primo comma, lettera a) della Legge Regionale 12 dicembre 2003, n.26.
- Regolamento Regione Lombardia 23 novembre 2017 n.7: Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio).
- Regolamento Regione Lombardia 19 aprile 2019 n.8: Regolamento recante modifiche al Regolamento regionale 23 novembre 2017 n. 7;
- Regolamento Regione Lombardia 28 marzo 2025 n.3: Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 'Legge per il governo del territorio').

L'art.5 del regolamento 7/2017 e smi definisce che *la gestione delle acque pluviali è effettuato, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso*. Il caso in esame vede l'utilizzo di sistemi di infiltrazione.

2.2 Bibliografia di riferimento

Si riporta di seguito la bibliografia consultata per la stesura del presente documento:

- Documentazione progettuale relativa alla fase RIBA3 di progettazione, utilizzata per la definizione dei bacini scolanti relativi e l'individuazione dei relativi pluviali;
- Cartografie di carattere geologico inerenti allo studio del PGT di Treviglio
- Planimetria della rete fognaria;
- Rilievo topografico dell'area;
- Relazione geotecnica
- Studio delle oscillazioni del livello di falda;

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame è localizzata nell'estremo settore sud-occidentale del Comune di Treviglio (BG), in prossimità del confine con il Comune di Casirate D'Adda, ad una quota prossima ai 121 m s.l.m. In particolare, la stessa si colloca nell'ambito della zona a vocazione mista agricola/industriale ricompresa tra il tracciato della Linea Ferroviaria extraurbana Novara-Milano Passante-Treviglio, a nord, e della A35-BreBeMi, a sud.

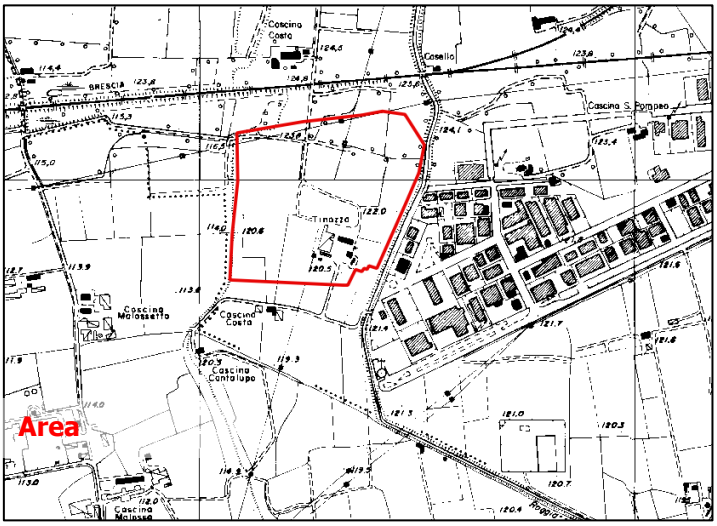


Figura 1 - Individuazione del sito-CTR, sezione C6A1 e C6A2

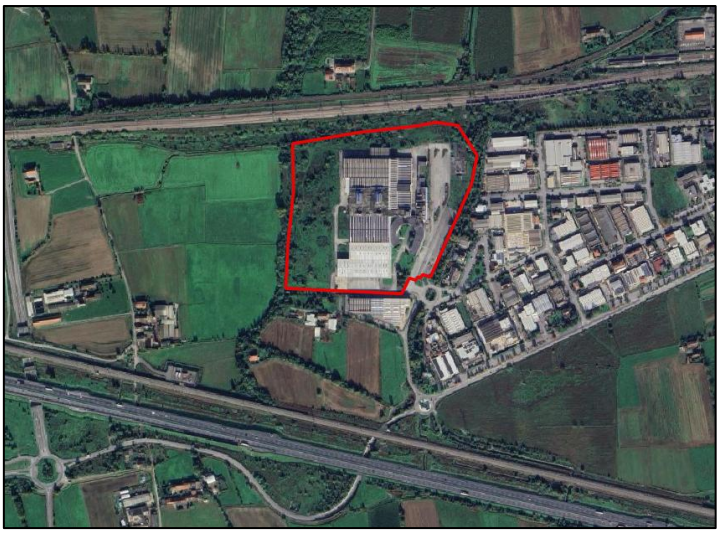


Figura 2 - Individuazione del sito-immagine satellitare

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – IDROGEOLOGICO

Nel sito di interesse sono state eseguiti tre sondaggi G1, G2, G3 a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 35m da p.c..

Le prove evidenziano che il sito risulta caratterizzato da una successione monotona di sabbie e ghiaie, generalmente debolmente limose, con abbondanti ciottoli arrotondati di dimensioni decimetriche. Il sottosuolo è idoneo alla dispersione delle acque meteoriche.

Nell'immagine seguente si illustra l'ubicazione dei suddetti punti di indagine, mentre la relativa documentazione fotografica è consultabile nell'Allegato 1.

Figura 3 - Ubicazione punti d'indagine – estratto dalla tavola 1 allegata alla relazione geotecnica.

Il sondaggio G1 è stato perforato a partire da una quota di +2.25m rispetto ai sondaggi G3 e G2.

Nel sondaggio G1 si segnala la presenza di un orizzonte torboso da 2.0 a 4.2m di profondità.

Si riportano di seguito le stratigrafie estratto dall'allegato 2 alla relazione geotecnica.

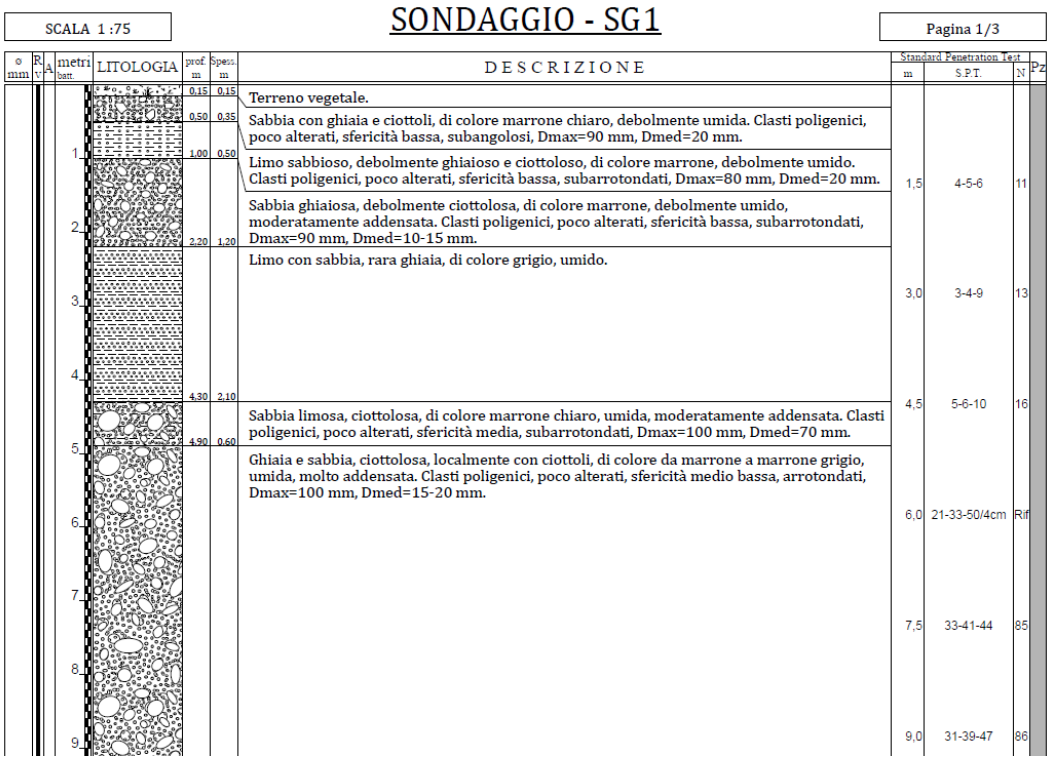
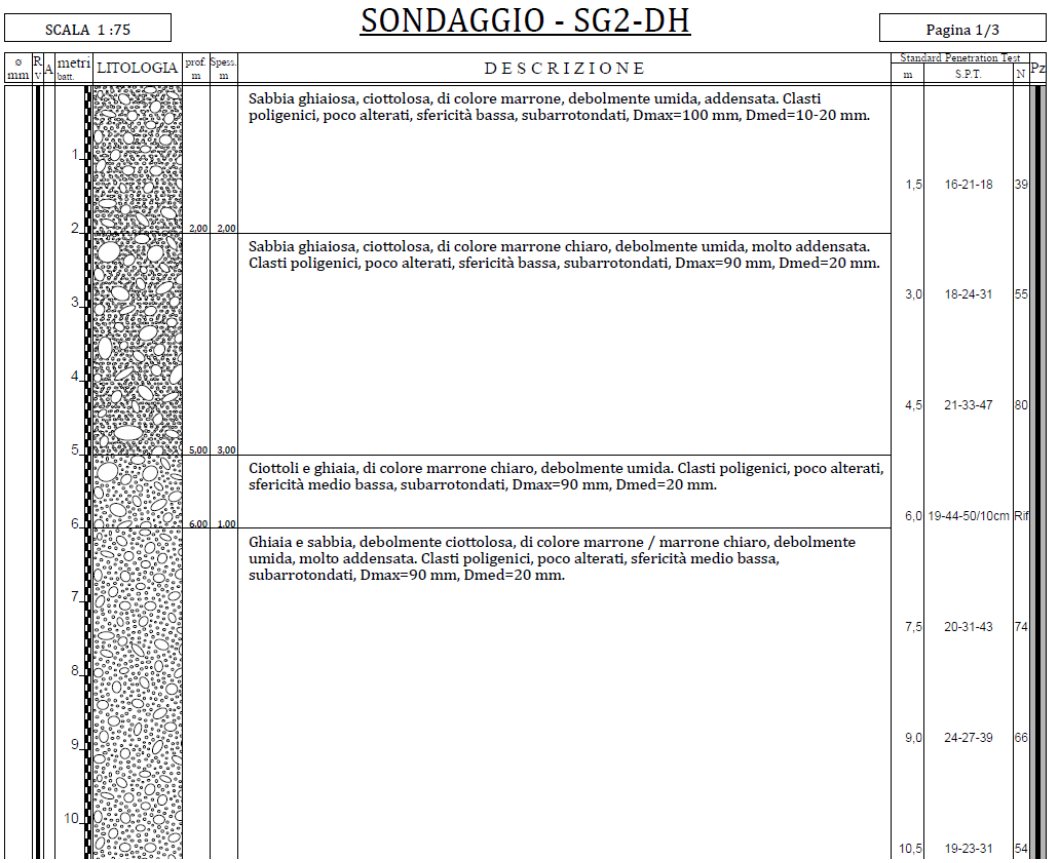


Figura 4 – Stratigrafia alla prova SG1 – estratto dall'allegato 2 della relazione geotecnica.



SCALA 1 :75

SONDAGGIO - SG2-DH

Pagina 1/3

ø mm	R v	A	metri bar.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pz
			1				Sabbia ghiaiosa, ciottolosa, di colore marrone, debolmente umida, addensata. Clasti poligenici, poco alterati, sfericità bassa, subarrotondati, Dmax=100 mm, Dmed=10-20 mm.	1,5	16-21-18	39	
			2		2.00	2.00					
			3				Sabbia ghiaiosa, ciottolosa, di colore marrone chiaro, debolmente umida, molto addensata. Clasti poligenici, poco alterati, sfericità bassa, subarrotondati, Dmax=90 mm, Dmed=20 mm.	3,0	18-24-31	55	
			4					4,5	21-33-47	80	
			5		5.00	3.00					
			6		6.00	1.00	Ciottoli e ghiaia, di colore marrone chiaro, debolmente umida. Clasti poligenici, poco alterati, sfericità medio bassa, subarrotondati, Dmax=90 mm, Dmed=20 mm.	6,0	19-44-50/10cm	Rif	
			7				Ghiaia e sabbia, debolmente ciottolosa, di colore marrone / marrone chiaro, debolmente umida, molto addensata. Clasti poligenici, poco alterati, sfericità medio bassa, subarrotondati, Dmax=90 mm, Dmed=20 mm.	7,5	20-31-43	74	
			8								
			9					9,0	24-27-39	66	
			10					10,5	19-23-31	54	

Figura 5 – Stratigrafia alla prova SG1 – estratto dall'allegato 2 della relazione geotecnica.

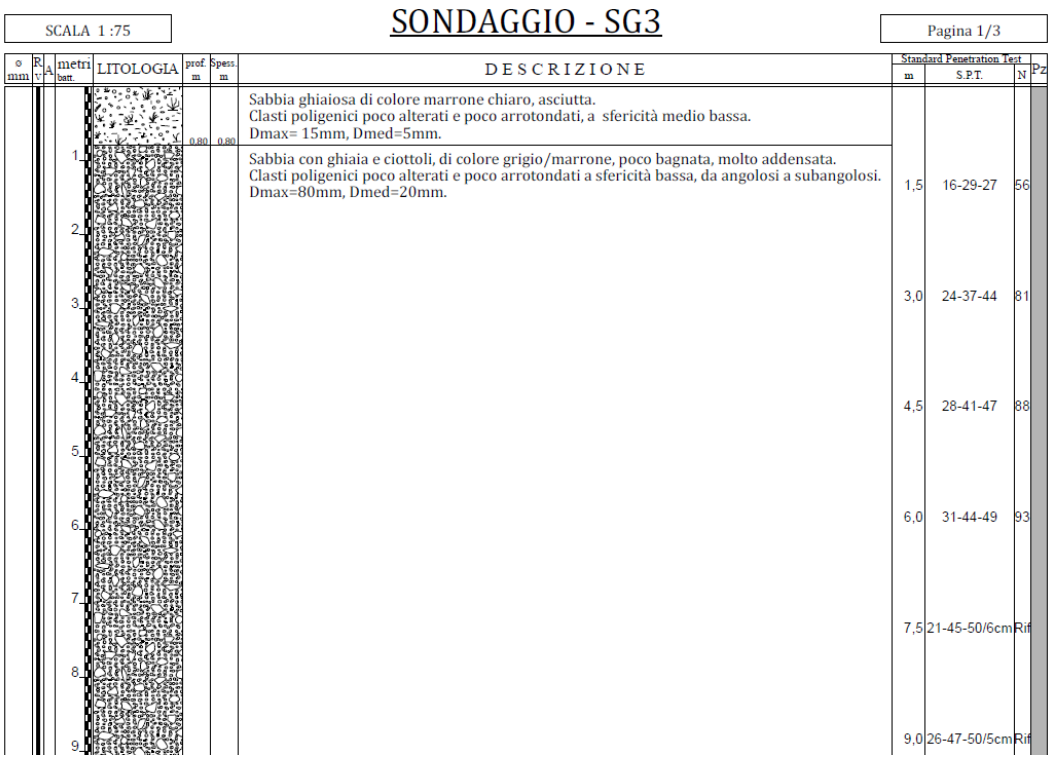


Figura 6 – Stratigrafia alla prova SG1 – estratto dall'allegato 2 della relazione geotecnica.

Di seguito si riassumono gli esiti delle analisi granulometriche effettuate sui campioni prelevati e i valori di massa volumica delle particelle solide del terreno. In *Allegato 4* sono consultabili i relativi certificati.

Tabella 1 - Esiti analisi granulometriche

NOME CAMPIONE	PROFONDITÀ (m da p.c.)	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA
G3 (2.0-3.0m)	2.0-3.0	61.8	27.5	8.5	2.2
G1 (3.0-4.0m)	3.0-4.0*	31.7	40.3	22.3	5.7
G2-DH (7.0-8.0m)	7.0-8.0	68.3	24.0	7.1	0.6
G3 (15.0-16.0m)	15.0-16.0	35.1	54.1	9.7	1.1
G2-DH (20.0-21.0m)	20.0-21.0	41.6	44.0	11.5	2.9
G1 (33.0-34.0m)	33.0-34.0*	45.9	36.3	15.6	2.2

*quota p.c. +2.25m rispetto al piano d'esecuzione dei sondaggi G2 e G3

Il coefficiente di permeabilità dovrà essere determinato da prove di permeabilità tipo Lefranc, da effettuarsi in sito in sede di progettazione esecutiva. In sede di invarianza idraulica, in conformità alla tabella seguente estratta dal RR 07/2017 e in base alle

stratigrafie e composizione del terreno sopra riportati, si assume un coefficiente di permeabilità di 5*10^-5 m/s nella zona vicino alla prova G1 e di 5*10^-4 m/s nella maggior parte del lotto.

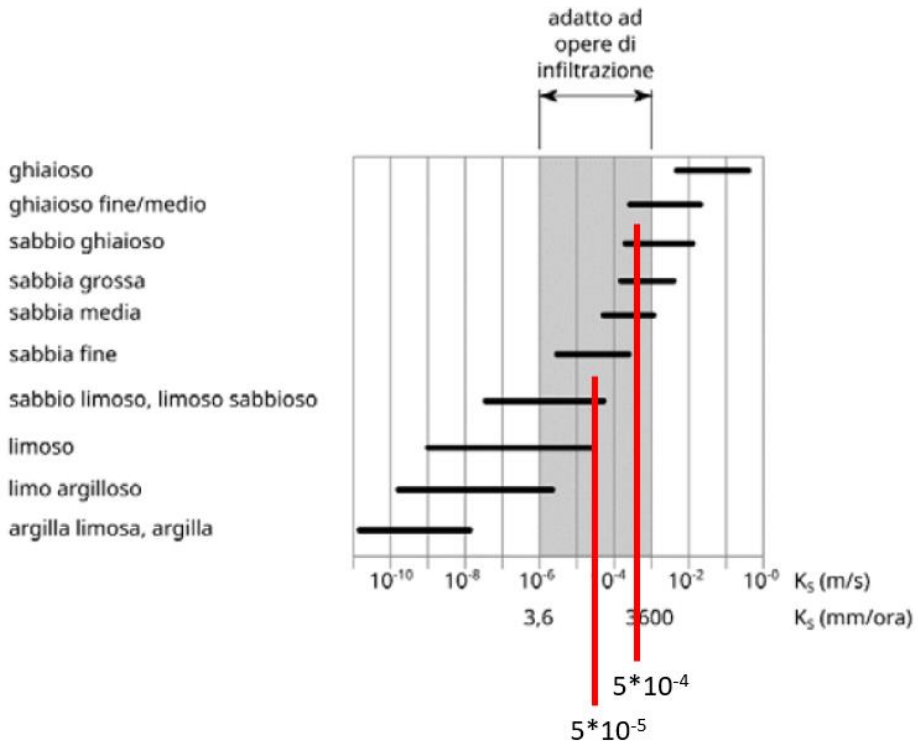


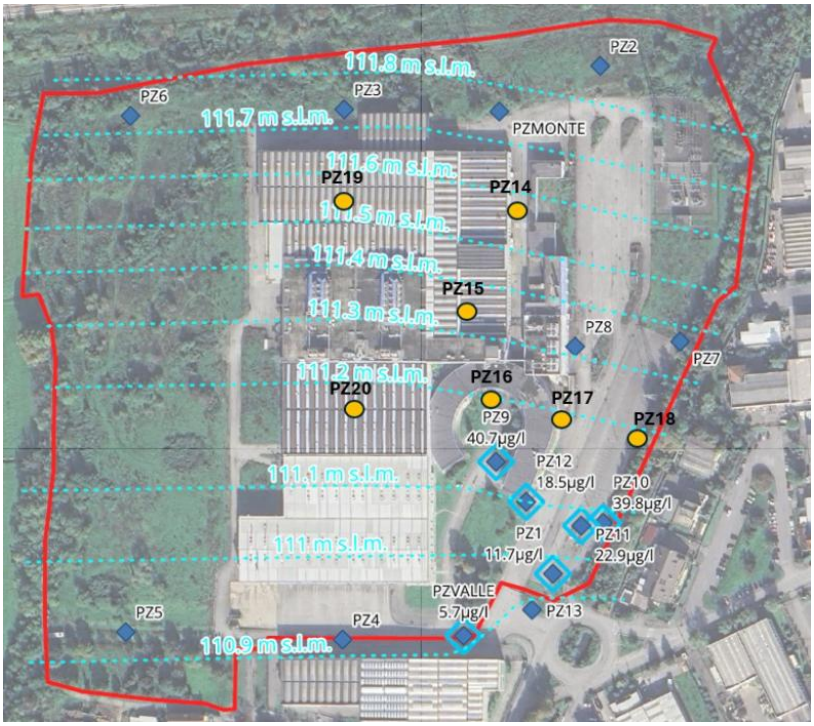
Figura 7: coefficiente di permeabilità – estratto da figura 4 all'allegato F del RR 07/2017.

Le prove evidenziano l'assenza di falda freatica nella profondità indagata la cui soggiacenza viene indicata a circa 12 m.

All'interno del comparto è presente una rete piezometrica costituita da 15 punti di monitoraggio. Le rilevazioni effettuate nel mese di aprile 2025, effettuate solo su 12 piezometri su 15 in quanto 3 risultano allestiti con una pompa fissa, indicano una soggiacenza prossima a 11.7 m da p.c., confermando un andamento della falda N-S.

*Tabella 2 - Soggiacenza della falda. * Il piezometro PZ8 è ubicato in un seminterrato. + planimetria piezometri*

PIEZOMETRO	DATA	SOGGIACENZA (m da b.p.)
PZ2	10/04/2025	12.80
PZ3	09/04/2025	12.20
PZ4	09/04/2025	10.50
PZ5	10/04/2025	11.59
PZ6	10/04/2025	11.27
PZ7	09/04/2025	11.74
PZ8	09/04/2025	5.80*
PZ9	10/04/2025	11.67
PZ10	09/04/2025	11.64
PZ11	09/04/2025	11.45
PZ12	09/04/2025	11.80
PZ13	09/04/2025	12.20

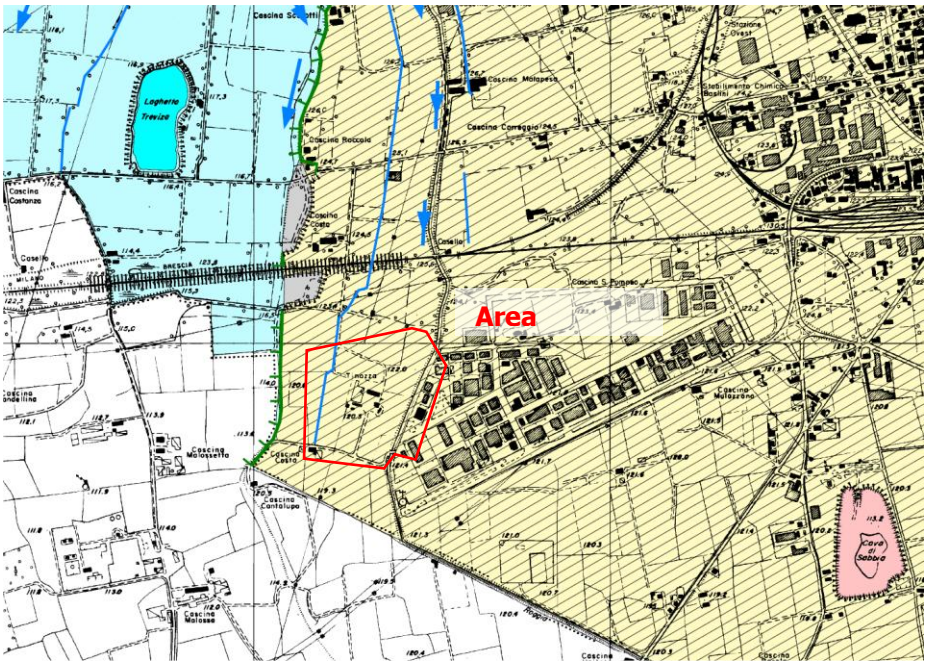


Si analizzano le cartografie di carattere geologico inerenti allo studio del PGT di Treviglio.

Dal punto di vista geologico, il territorio comunale di Treviglio risulta interamente occupato da depositi sciolti costituiti da sedimenti grossolani, riferibili ad un ambiente deposizionale continentale di piana fluviale o fluvioglaciali (Pleistocene medio – Olocene).

Il "Livello Fondamentale della Pianura" identifica è un'unità fisiografica formata da sedimenti sciolti in superficie (ghiaie e sabbie con suoli profondi e ben sviluppati) e a volte cementati in profondità e delimitata, a est, dal Fiume Serio e, a ovest, dalla valle del Fiume Adda.

Dal punto di vista litologico, il "L.F.P." risulta individuato dall'*Unità di Cantù*, ascrivibile ai depositi del Bacino dell'Adda, e dall'*Unità di Treviglio*, di pertinenza del Complesso del Brembo. Il limite tra l'unità di Cantù ed i depositi alluvionali olocenici del fiume Adda (settore occidentale) risulta ben evidente e chiaramente individuabile su terreno per la presenza di una netta scarpata morfologica. Proprio in tale contesto si inserisce il sito di odierno interesse (Figura 8).



LEGENDA

UNITA' STRATIGRAFICHE Estratto da "Carta geologica della Provincia di Bergamo, 2002".	SIMBOLO	UNITA' MORFOLOGICHE
OLOCENE (Unita' postglaciali)		
Depositi alluvionali di natura prevalentemente ghiaiosa, con occasionali eteropie verso terreni piu' fini (limi e sabbie).		Ripiani alluvionali antichi del fiume Adda, posti in posizione intermedia tra il L.F.d.P. e la fascia di meandreggiamento piu' recente del corso d'acqua.
Depositi alluvionali con profili pedologici evoluti, sviluppati all'interno di una originaria depressione morfologica derivante dalla coalescenza dei conoidi pleistocenici del Brembo e del Serio.		LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA (L.F.d.P.) O PIANO GENERALE TERRAZZAT0 (P.G.T.) Superficie erosiva polifasica modellata nei corpi sedimentari formatisi per aggradazione fluviale durante il Pleistocene. a) Ripiano sagomato nelle alluvioni fluvioglaciali pleistoceniche, ribassato rispetto al P.G.T., formatosi ad opera di fenomeni erosivi di natura fluviale (Pleistocene sup.-Olocene inf.)
PLEISTOCENE		
Unita' di Cantu' (BACINO dell'ADDA): depositi fluvioglaciali e fluviali costituiti da ghiaie con ciottoli arrotondati, a supporto di clasti o di matrice in genere sabbiosa con frequente laminazione obliqua.	(a)	
Unita' di Treviglio (COMPLESSO DEL BREMBO): depositi testimoni delle ultime grandi avanzate glaciali, costituiti da ghiaie a supporto clastico con ciottoli arrotondati e matrice sabbiosa; localmente si sviluppano limi e sabbie di esondazione, da massivi a laminati.		
LINEAMENTI MORFOLOGICI CARATTERISTICI		
Scarpate sviluppate ai margini dei principali ripiani morfologici (a) e loro rimaneggiamenti (b).	(a) (b)	
Traccia di idrografia scomparsa		
ELEMENTI ANTROPICI		
Rilevato ferroviario		
Depressione morfologica derivante da attivita' estrattiva (a) con acqua di falda affiorante (b).	(a) (b)	
Superfici rimaneggiate e relativo arretramento di terrazzo.		

Figura 8 - Inquadramento geologico (stralcio Tav. 1 allegata alla Componente geologica comunale).

L'andamento della falda superficiale nel territorio del Comune di Treviglio è complessivamente orientato in direzione N-S, la stessa risulta compresa tra i 130 ed i 113 m s.l.m. Il gradiente idraulico medio decresce progressivamente in senso longitudinale, passando da valori di circa 8-10 ‰ nel settore settentrionale a valori di circa 1.5-1.8‰ nel settore centro-meridionale.

In particolare, nel settore meridionale la soggiacenza media risulta compresa tra 5 e 10m, sebbene i livelli piezometrici siano influenzati dalla pratica irrigua legata ai cicli colturali. A scala annuale le oscillazioni stagionali legate ai periodi irrigui determinano massimi piezometrici nel periodo tardo estivo o autunnale (agosto/settembre) e minimi nel periodo primaverile (aprile/magio) con escursioni variabili in funzione dell'andamento climatico della stagione irrigua. La massima escursione del livello piezometrico si presenta nella porzione settentrionale del territorio con valori dell'ordine di 5-7m. Procedendo verso sud si osserva una progressiva riduzione dei valori di escursione che raggiungono mediamente i 3-4 m nella porzione centrale e circa 1-2m per la zona più meridionale.

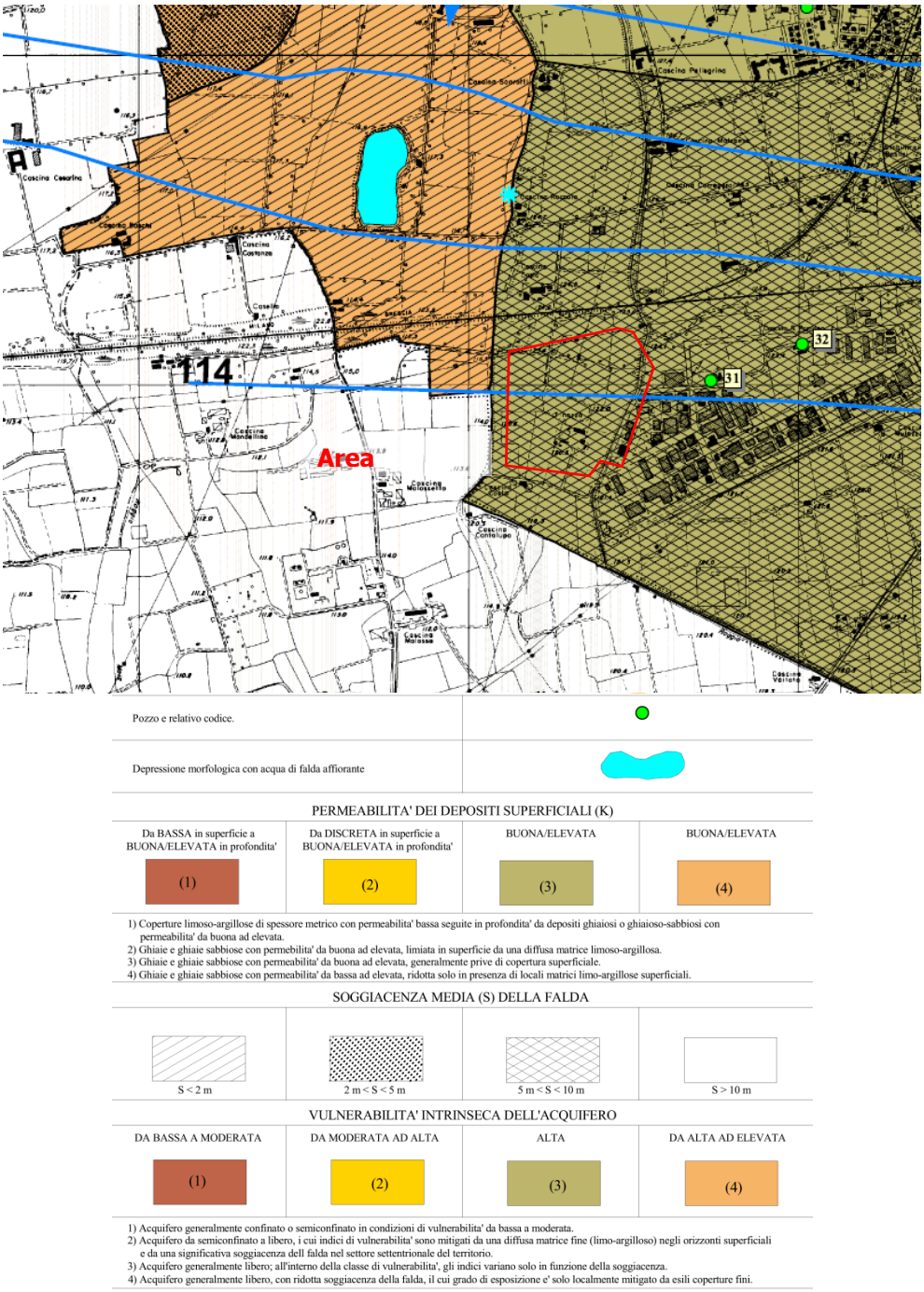


Figura 9 - Inquadramento idrogeologico (stralcio Tav. 3 allegata alla Componente geologica comunale)

5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il territorio comunale di Treviglio non è interessato da corsi d'acqua ascritti al Reticolo Idrico Principale, mentre è attraversato da una fitta rete di canali ad uso promiscuo ed irriguo, sia in direzione Ovest- Est sia Nord- Sud, derivati principalmente dal Fiume Brembo.

In particolare, lungo il confine orientale dello stesso corrono la Roggia Firone (appartenente al reticolo secondario della Roggia Vignola) e la Roggia Vailata, entrambi ascritti al Reticolo Idrico di Bonifica.

6. VINCOLI IDRAULICI

L'area di intervento è interessata dai vincoli di polizia idraulica dovuti alla presenza di due rogge lungo il confine orientale del comparto. La Roggia Vailata e la Roggia Firone sono corsi d'acqua ascritti al Reticolo Idrico di Bonifica, entro le cui fasce di rispetto vigono le prescrizioni previste dal Documento di Polizia Idraulica comunale:

- Roggia Vailata: fascia di rispetto 10m
- Roggia Firone: fascia di rispetto 5m

Il comparto non ricade all'interno di fasce di rispetto di pozzi idropotabili.

Secondo il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), all'interno del comparto non sono state perimetrate aree allagabili.

Secondo il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Po (P.A.I.), all'interno del comparto non sono state perimetrate aree a rischio idrogeologico.

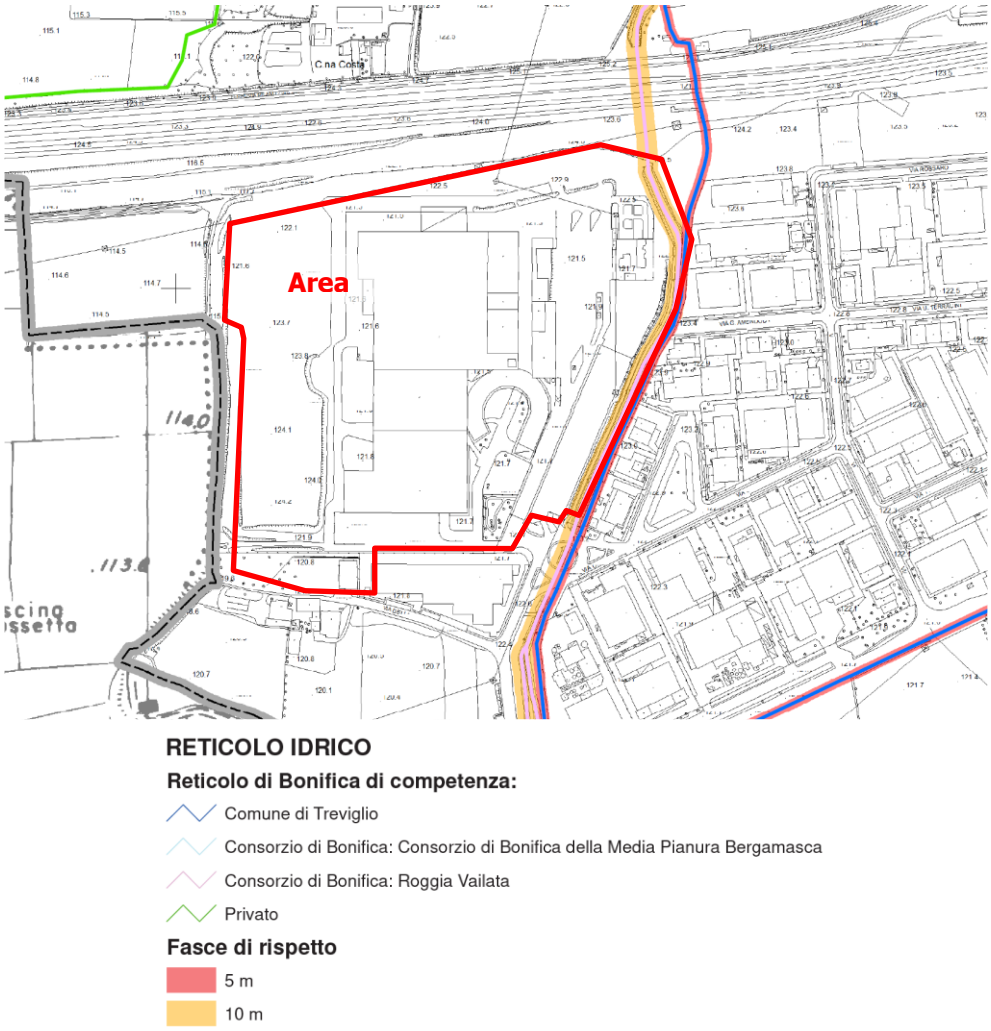


Figura 10- Carta dei vincoli (stralcio Tav. 6 allegata alla Componente geologica comunale)

7. PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

In base all'art 3 del Regolamento Regionale n. 7/2017 e smi (n. 8/2019) l'intervento in progetto richiede misure di invarianza idraulica ed idrologica (comma 2 a) – interventi di ristrutturazione edilizia.

Il Comune di Treviglio, ai sensi dell'art. 7 comma 3 e allegato C, ricade in un ambito con *criticità idraulica B*.

Il suddetto Regolamento prevede differenti modalità di calcolo, in funzione della classe di intervento e dell'ambito territoriale in cui esso ricade, come da tabella 1 di cui all'art. 9.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE DELL'INTERVENTO	MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Figura 11- tabella 1 art. 9 rr 7/2017.

Ai sensi dell'art. 3 comma 5) del Regolamento, "*le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano alla sola superficie del lotto interessata dall'intervento comportante una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione e non all'intero lotto*".

L'intervento in oggetto si classifica come "impermeabilizzazione potenziale alta" in quanto l'area di trasformazione, intesa come l'area di ristrutturazione profonda o aumento dell'indice di copertura, si estende per circa 4.3 ha, con un coefficiente di deflusso medio ponderale di progetto di 0.96.

	Bacino di trasformazione		
Aree	Superficie [mq]	φ	S x ϕ [mq]
Area verde	2'359.0	0.3	707.7
Area impermeabile	28'379	1.00	28'379
Coperture	12'538	1.00	12'538
Totale	**43'276**	**0.96**	**41'625**

Tabella 3 - Coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area di intervento.

Dall'area di intervento viene esclusa la superficie a verde a est del sito in ristrutturazione e la parte di edificio non oggetto di ristrutturazione profonda.

Per cui il calcolo dei volumi deve rispettare i requisiti minimi di cui all'art. 12 comma 2, e seguire la procedura dettagliata indicata all'art. 11 e allegato G.

Si individuano 4 bacini scolanti dal punto di vista idraulico. La procedura dettagliata viene applicata all'area scolante maggiore, ovvero l'"sud-est".

Area di intervento	Superficie [mq]	Coefficiente di deflusso	Area di deflusso [mq]
sud ovest	10'920	0.98	10'747
est	11'782	1.00	11'782
sud est	14'009	0.94	13'133
nord	6'565	0.91	5'963

Tabella 4: Coefficiente di deflusso medio ponderale per ogni sottobacino in progetto.

Ai sensi degli artt. 12, comma 2, del Regolamento il *volume di invaso minimo* da garantire per l'ambito di progetto, localizzato in un'area ad alta criticità il volume di invaso minimo si riferisce ad un contributo di invaso pari a 500mc/ha.

Il *tempo di svuotamento* del sistema disperdente è funzione del volume di laminazione e delle portate uscenti dall'invaso di laminazione costituite dalla portata scaricabile nel ricettore Qlim (nel rispetto della portata limite ammissibile di cui all'articolo 8 del Regolamento) e dalla portata di infiltrazione attraverso il sistema disperdente Qinf, ovvero:

$$tempo_{\ svuotamento} = \frac{Volume\ invaso}{Q\lim + Q\ inf}$$

In base dell'art. 11 il tempo di svuotamento *non deve superare le 48 ore, in modo da rispristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.* Nel caso in cui tale assunto non sia rispettato, il volume deve essere tale da poter accogliere un evento della stessa entità di quello di progetto nelle 48.

8. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il sito di Treviglio si trova a circa 8 km dall'Aeroporto di Milano Linate, sul lato Est di Milano. L'area di intervento del progetto LIN10 è situata nella zona sud-occidentale del Comune di Treviglio, in provincia di Bergamo (Italia), in Via della Costa 2.

Il sito è ben collegato tramite l'autostrada "A35 BreBeMi" e si estende su una superficie di circa 156.200 mq. Confina con:

- La linea ferroviaria a Nord;
- Stabilimenti industriali a Est;
- Campi, fabbriche, aziende agricole e l'autostrada a Sud;
- Campi e alcune aziende agricole a Ovest

Allo stato di fatto l'area di intervento ospita l'edificio con estensione di circa 3.3ha e relativa viabilità di distribuzione e sosta.

Figura 12- individuazione dell'area di intervento su mappa – linea rossa.

Le acque meteoriche raccolte, dalle aree attualmente impermeabili, sono scaricate da un sistema di pozzi esistenti previo trattamento delle acque di prima pioggia.

9. DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO

Il presente studio di invarianza idraulica è dedicato alla fase1 del masterplan di realizzazione del campus di Data Center. La fase1 contempla la ristrutturazione ed ampliamento dell'edificio esistente e della viabilità privata annessa con una superficie complessiva di circa 4.3 ha.

Si riportano di seguito i 4 sottobacini in cui si suddivide l'area da un punto di vista idraulico: Sud est, Est, Sud ovest e Nord.

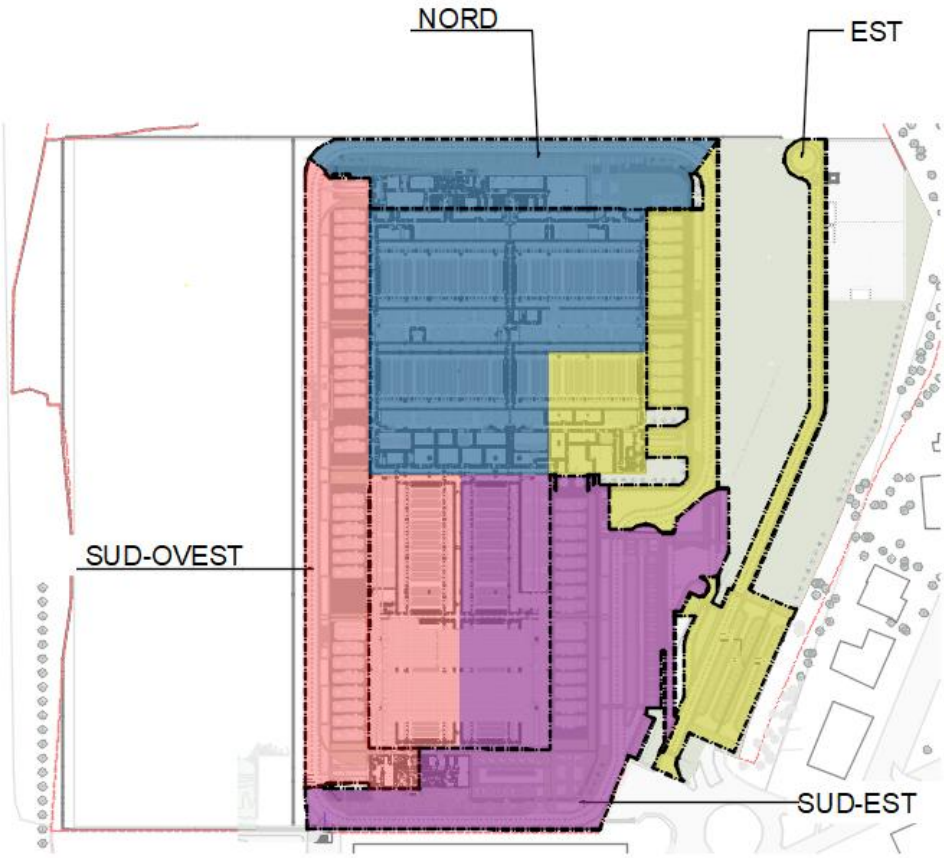


Figura 13-: Individuazione dei sottobacini di progetto.

All'interno dei sottobacini si distingue l'area di edificio esistente non oggetto di ristrutturazione profonda e l'area di trasformazione per la quale si deve garantire l'invarianza idraulica.

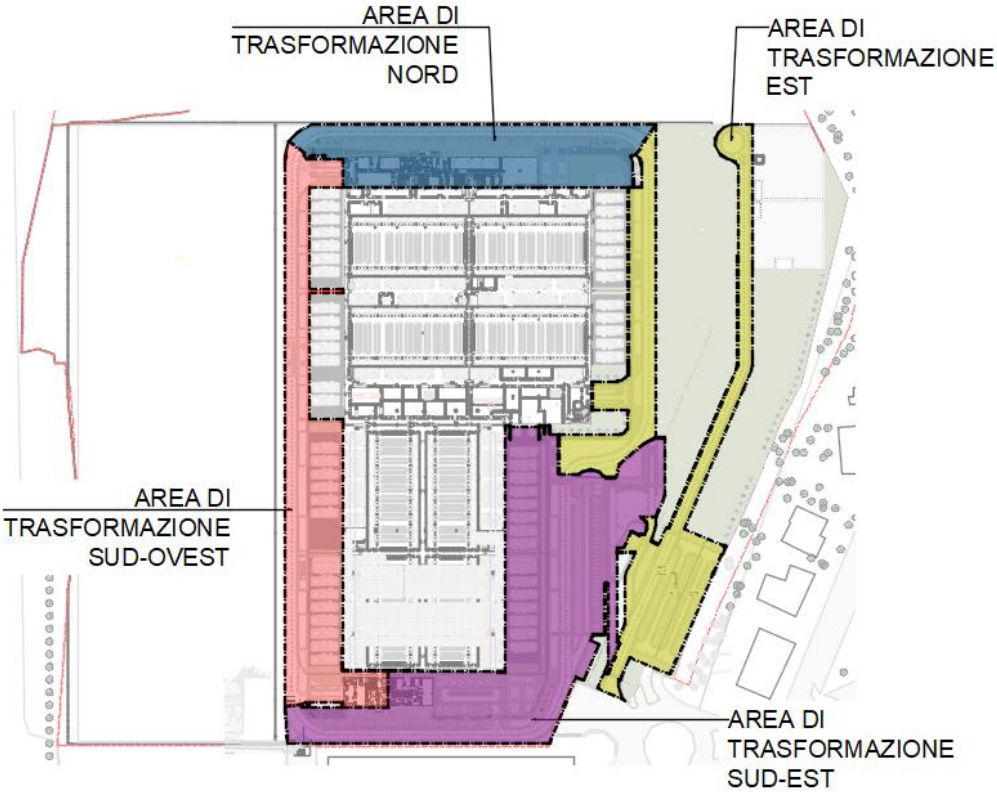


Figura 14- Individuazione delle aree di trasformazione oggetto di invarianza idraulica nei sottobacini di progetto.

Ogni sottobacino è dotato di un suo sistema di raccolta, allontanamento, trattamento, invaso e dispersione delle acque meteoriche.

Il sistema di gestione delle acque meteoriche di ogni sottobacino, raccoglie le acque dalla porzione esistente e dalla nuova porzione ristrutturata o ampliata. Perciò i calcoli idraulici del sistema vengono eseguiti considerando il sottobacino nella sua totalità.

Nel sottobacino Nord ed Est, il nuovo sistema di dispersione viene realizzato in parallelo alla batteria di pozzi esistenti.

Le acque afferenti alle nuove impermeabilizzazioni sono raccolte tramite un sistema di caditoie lineari o puntuali, per le aree esterne, e da un sistema di pluviali nelle nuove coperture.

Le aree a rischio di sversamento di carburante sono servite da vasche di trattamento a depurazione delle acque che dilavano le superfici da eventuali fattori inquinanti. Le acque trattate proseguono verso il sistema di invaso e dispersione. Il sistema è dotato di un pozzetto di monte con valvole che permettono la chiusura della rete e la diversione delle acque in una vasca apposita in caso di sversamento accidentale.

Tali impianti non sono oggetto del presente studio di invarianza idraulica.

A valle del sistema di trattamento e della rete di trasporto delle piogge, è posta la vasca di laminazione e dispersione. Le acque raccolte da edifici e da aree non soggette al RR 4, del 24 marzo 2006, vengono direttamente recapitate a sottosuolo.

Il sistema di invaso e dispersione è dimensionato nel rispetto del **principio di invarianza idraulica** di cui alla Legge Regionale N° 7 del 27 novembre 2017 *"Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)"* e smi.

Per maggiori dettagli sulle reti idrauliche di progetto si rimanda agli elaborati grafici specifici.

10. ANALISI IDROLOGICA

10.1 Curva di possibilità pluviometrica

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno. L'altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, è l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

$$h = a * t^n$$

con:

- h= altezza di pioggia [mm]
- t = durate dell'evento meteorico [ore]
- a = coefficiente pluviometrico orario [mm/h]
- n = coefficiente di scala adimensionale.

I parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

I parametri sono stati ricavati dal portale Idrologico Geografico ARPA Lombardia (http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml), come specificato nell'allegato G del Regolamento Regionale 7/2017.

Sono state dapprima ricavati i parametri della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica per durate da 1 a 24 ore, che sono riassunti nella seguente immagine, tratta dal portale suddetto.

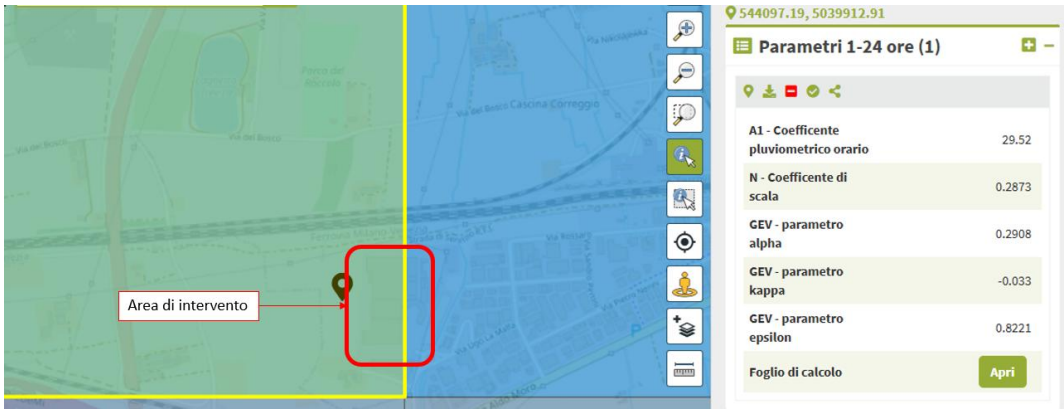


Figura 15-: linee segnalatrici 1-24 ore (portale http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml).

Questi dati sono stati elaborati con il foglio Excel disponibile nel sito stesso e illustrato nella figura sotto.

La curva di possibilità pluviometrica per un evento meteorico superiore all'ora risulta:

- per *TR 50 anni*
  - a = 60.02
  - n = 0.2873
- per *TR 100 anni*
  - a = 66.91
  - n = 0.2873

Come riportato nel Regolamento (allegato G) *per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore n = 0,5 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.*

Pertanto per eventi meteorici con durata inferiore o uguale a un'ora:

- a = 60.02 (TR 50 anni); a = 66.91 (TR 100 anni)
- n = 0.50

ARPA LOMBARDIA
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *TREVIGLIO via della Costa 2*
Coordinate: .....

Linea segnalatrice
Tempo di ritorno (anni) 50

Parametri ricavati da: http://idro.arpalombardia.it

A1 - Coefficente pluviometrico orario	29.52
N - Coefficente di scala	0.2873
GEV - parametro alpha	0.2908
GEV - parametro kappa	-0.033
GEV - parametro epsilon	0.8221

Evento pluviometrico
Durata dell'evento [ore]
Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left\{1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k\right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:
http://idro.arpalombardia.it/manual/Ispp.pdf
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0.92933	1.26926	1.50142	1.72958	2.03308	2.26670	2.50488	2.03307609
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	27.4	37.5	44.3	51.1	60.0	66.9	73.9	60.0164062
2	33.5	45.7	54.1	62.3	73.2	81.7	90.2	73.2412763
3	37.6	51.4	60.8	70.0	82.3	91.7	101.4	82.2899735
4	40.9	55.8	66.0	76.0	89.4	99.7	110.1	89.3803028
5	43.6	59.5	70.4	81.1	95.3	106.2	117.4	95.2980619
6	45.9	62.7	74.2	85.4	100.4	112.0	123.7	100.422919
7	48.0	65.5	77.5	89.3	105.0	117.0	129.3	104.970352
8	49.9	68.1	80.6	92.8	109.1	121.6	134.4	109.075632
9	51.6	70.4	83.3	96.0	112.8	125.8	139.0	112.829811
10	53.2	72.6	85.9	98.9	116.3	129.7	143.3	116.297395
11	54.6	74.6	88.3	101.7	119.5	133.3	147.3	119.525923
12	56.0	76.5	90.5	104.3	122.6	136.6	151.0	122.551536
13	57.3	78.3	92.6	106.7	125.4	139.8	154.5	125.402418
14	58.6	80.0	94.6	109.0	128.1	142.8	157.8	128.101015
15	59.7	81.6	96.5	111.2	130.7	145.7	161.0	130.665521
16	60.8	83.1	98.3	113.2	133.1	148.4	164.0	133.110911
17	61.9	84.6	100.0	115.2	135.4	151.0	166.9	135.449673
18	62.9	86.0	101.7	117.1	137.7	153.5	169.6	137.692339
19	63.9	87.3	103.3	119.0	139.8	155.9	172.3	139.847883
20	64.9	88.6	104.8	120.7	141.9	158.2	174.9	141.92402
21	65.8	89.9	106.3	122.4	143.9	160.5	177.3	143.927436
22	66.7	91.1	107.7	124.1	145.9	162.6	179.7	145.863968
23	67.5	92.2	109.1	125.7	147.7	164.7	182.0	147.738741
24	68.4	93.4	110.4	127.2	149.6	166.7	184.3	149.556287

ARPA LOMBARDIA
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

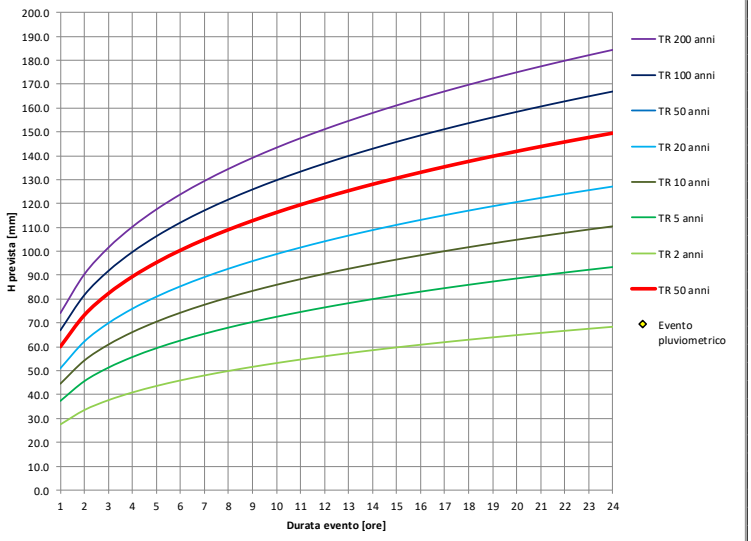


Figura 16-: Curve di possibilità pluviometrica per durate superiori a 1 ora.

10.2 Tempo di corrivazione

La risposta idrologica di un bacino è direttamente proporzionale alla precipitazione e al coefficiente di deflusso e inversamente proporzionale al tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione è definito in via teorica come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la sezione terminale; una definizione migliore è che esso rappresenta l'intervallo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto l'afflusso contribuisce al deflusso nella sezione terminale.

Per quanto riguarda la stima dei tempi di corrivazione per aree urbane, si è fatto riferimento alla formulazione proposta dal Civil Engineering Department dell'Università del Maryland (1971) e alla formula di Ventura.

Il tempo di corrivazione assunto per ognuno è di seguito riportato in grassetto.

Sottobacino	Tempo di corrivazione Maryland [min]	Tempo di corrivazione Ventura [min]	Tempo di corrivazione assunto [min]
sud ovest	31.4	27.6	**30**
est	29.7	25.8	**25**
sud est	31.4	29.4	**30**
nord	33.1	30.8	**30**

Tabella 5: Tempo di corrivazione per i sottobacini.

La formulazione del Maryland esprime il tempo di corrivazione come di seguito:

$$T_c = \left[\frac{26.3 \cdot \left(L / K_s \right)^{0.6}}{3600^{0.4 \cdot (1-n)} \cdot a^{0.4} \cdot i^{0.3}} \right]^{\frac{1}{(0.6+0.4 \cdot n)}}$$

essendo L la lunghezza del collettore in m calcolata dal suo inizio fino alla sezione di chiusura, K_S il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler in $m^{1/3}/s$, i la pendenza media del bacino, a (m/ora^n) ed n parametri della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica.

Al valore ottenuto da tale formulazione va sommato il parametro *Te*, definito come tempo di ruscellamento o tempo di ingresso in rete, ed inteso come il tempo massimo che impiegano le particelle di pioggia a raggiungere il condotto a partire dal punto di caduta. Al tempo di ruscellamento si assegnano valori variabili a seconda dell'estensione dell'area oggetto di studio, del grado di urbanizzazione del territorio e dell'acclività dei terreni.

Nel caso di specie trattandosi di aree completamente urbanizzate, dotate di caditoie e/o griglie di raccolta, con adeguate pendenze longitudinali e trasversali si è scelto di utilizzare un tempo di ruscellamento *Te* di 5 minuti.

Il coefficiente di scabrezza relativo a condotte in calcestruzzo in cui scorre l'acqua piovana raccolta è di 70 $m^{1/3}/s$, scelto tra i valori più bassi per condotte in cemento come da letteratura (tabella 10-3).

Il calcolo del *Tc* è stato eseguito per ogni sottobacino ed i risultati sono di seguito riportati.

Sottobacino	Coefficiente di scabrezza Ks [$m^{1/3}/s$]	Pendenza i [m/m]	Lunghezza L [m]	Tempo di corrivazione in rete Tc [min]
sud ovest	70	0.01	700	31.4
est	70	0.01	650	29.7
sud est	70	0.01	700	31.4
nord	70	0.01	750	33.1

Tabella 6: Tempo di corrivazione per i sottobacini - Civil Engineering Department dell'Università del Maryland (1971).

Materiale dei tubi e loro specificazioni: tipo di rivestimento e stato delle pareti	γ [$m^{1/2}$]	m [$m^{1/2}$]	k [$m^{1/3} \cdot s^{-1}$]	ε [mm]
Vetro	—	—	—	0,001 ÷ 0,002
Materie plastiche				
polivinil cloruro - polietilene - polipropilene	—	—	—	0,002 ÷ 0,004
Metalli colorati				
rame - ottone - piombo	—	—	—	0,004 ÷ 0,01
alluminio	—	—	—	0,015 ÷ 0,05
Cemento amianto				
vecchi e nuovi	0,06	0,10	110 ÷ 100	0,10 ÷ 0,15
Acciaio (tubi trafilati)				
tipo Mannesmann, nuovi	0,10	0,16	95	0,2 ÷ 0,5
tipo Mannesmann, in servizio corrente	0,16	0,23	83	0,6 ÷ 1,2
bitumati, nuovi	0,10	0,16	95	0,2 ÷ 0,5
bitumati, centrifugati, nuovi, giunti Gibault, d < 350 mm	—	—	—	0,01
Acciaio (tubi saldati)				
non rivestiti, nuovi	0,06	0,10	110 ÷ 100	0,10 ÷ 0,15
bitumati o catramati a freddo, nuovi	0,10	0,16	95	0,2 ÷ 0,5
bitumati a caldo	—	—	—	0,025 ÷ 0,04
catramati, in servizio corrente	0,16	0,23	83	0,6 ÷ 1,2
Lamiera (tubi chiodati)				
chiodatura long. doppia, giunti conici	0,16	0,23	83	0,6 ÷ 1,2
chiodatura long. doppia, trasv. semplice, giunto cilindrico in servizio corrente	0,20	0,275	75	1,5 ÷ 2,0
chiodatura long. tripla o quadrupla, trasversale doppia	0,29	0,375	65	3,5 ÷ 6
Ghisa				
nuovi	0,16	0,23	83	0,6 ÷ 1,2
in servizio corrente, qualunque diametro	0,23	0,29	73	2 ÷ 4
in servizio da diversi anni	0,29	0,375	65	3,5 ÷ 0,6
in servizio da molti anni, fortemente incrostati e tubercolizzati	0,36	0,45	60	6 ÷ 10
centrifugata fusa verticalmente bitum. o catram. per immersione, d < 400 mm in servizio corrente	0,23	0,29	73	2 ÷ 4
Cemento				
lisciato accuratamente, d < 200 mm	0,12	0,175	90	0,4 ÷ 0,7
ben lisciato (acqua limpida), d > 400 mm	0,18	0,25	80	1,2 ÷ 1,8
ben lisciato curve strette (acqua non limpida), d < 400 mm	0,23	0,29	73	2 ÷ 4
centrifugato	—	—	—	0,16
armato costruito fuori opera, in servizio corrente, d > 600 mm	0,10	0,16	95	0,2 ÷ 0,5
armato costruito fuori opera, in servizio corrente, 400 < d < 600 mm	0,12	0,175	90	0,4 ÷ 0,7
Gres				
nuovi	0,18	0,25	80	1,2 ÷ 1,8
in servizio da anni	0,25	0,35	68	2,5 ÷ 4,5

Tabella 7: Coefficienti di scabrezza per diverse tubazioni.

La formula di Ventura indica il tempo di corrivazione in ore come funzione dell'area sottesa A in km^2, e della pendenza media dell'asta o della superficie scolante i in m/m, a cui si somma il tempo di ritardo di 5minuti:

$$t_c = 0.127 \cdot A^{0.5} \cdot i^{0.5} + t_r$$

Il calcolo del *Tc* è stato eseguito per ogni sottobacino ed i risultati sono di seguito riportati.

Sottobacino	Area [km^2]	Pendenza media dell'asta [m/m]	Tempo di corrivazione in rete Tc [min]	Tempo di ritardo Tr [min]	Tempo di corrivazione [min]
sud ovest	0.0176	0.002	22.6	5.0	27.6
est	0.0149	0.002	20.8	5.0	25.8
sud est	0.0205	0.002	24.4	5.0	29.4
nord	0.0229	0.002	25.8	5.0	30.8

Tabella 8: Tempo di corrivazione per i sottobacini – formula di Ventura.

11. INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA

Ai sensi dell'art. 11 del Regolamento Regionale n. 8/2019 per il progetto di invarianza idraulica e idrologica devono essere assunti i seguenti valori di tempo di ritorno:

- T = 50 anni: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di laminazione o anche infiltrazione con un adeguato grado di sicurezza delle stesse;
- T = 100 anni: tempo di ritorno da adottare per la verifica del grado sicurezza delle opere come sopra dimensionate.

I parametri pluviometrici considerati si riferiscono alle piogge maggiori di 1 ora e sono i seguenti:

- a = 60.02 (TR 50 anni); a = 66.91 (TR 100 anni)
- n = 0.287

I nuovi lotti di progetto sono dotati di opere di invaso e dispersione delle piogge non soggette ad inquinamento, ovvero delle seconde piogge o delle acque raccolte dalle coperture di edifici o non carrabili.

Le acque soggette ad inquinamento potenziale, quali le prime piogge da zone di sosta e transito degli automezzi, e le acque provenienti dalle zone a rischio diretto di sversamento di carburante, sono gestite con disoleatori in continuo e scaricate nelle meteoriche.

11.1 Coefficiente medio di deflusso

Ai sensi dell'art. 11 comma 2 punto d), il coefficiente di deflusso medio ponderale è pari a 0.99 per il sottobacino sud est, 1.0 per il sottobacino est, 0.96 per il sud est e 0.97 per il nord.

Area di intervento	Superficie [mq]	Coefficiente di deflusso	Area di deflusso [mq]
sud ovest	17'565	0.99	17'392
est	14'918	1.00	14'918
sud est	20'496	0.96	19'620
nord	22'868	0.97	22'266

Tabella 9: Coefficiente di deflusso medio ponderale per ogni sottobacino in progetto.

Le aree di trasformazione soggette ad invarianza all'interno dei sottobacini hanno le seguenti caratteristiche:

Area di intervento	Superficie [mq]	Coefficiente di deflusso	Area di deflusso [mq]
sud ovest	10'920	0.98	10'747
est	11'782	1.00	11'782
sud est	14'009	0.94	13'133
nord	6'565	0.91	5'963

Tabella 10: Coefficiente di deflusso medio ponderale per l'area di trasformazione in ogni sottobacino di progetto.

Di seguito vengono riassunte le superfici e le caratteristiche pedologiche dei singoli sottobacini analizzati per opere di invaso ed infiltrazione da cui vengono serviti:

Le caratteristiche pedologiche delle quattro aree sono di seguito riportate.

	sud ovest		
Aree	Superficie [mq]	φ	S x φ [mq]
Area verde	247.0	0.30	74
Area impermeabile	5'147.0	1.00	5'147
Coperture	5'526	1.00	5'526
Coperture esistenti	6'645	1.00	6'645
Totale	**17'565**	**0.99**	**17'392**

Tabella 11: Estensione e coefficiente di deflusso – sud ovest.

	sud est		
Aree	Superficie [mq]	φ	S x φ [mq]
Area verde	1'252	0.30	376
Area impermeabile	9'872	1.00	9'872
Coperture	2'885	1.00	2'885
Coperture esistenti	6'487	1.00	6'487
Totale	**20'496**	**0.96**	**19'620**

Tabella 12: Estensione e coefficiente di deflusso – sud est.

	nord		
Aree	Superficie [mq]	φ	S x φ [mq]
Area verde	860	0.30	258
Area impermeabile	3'694	1.00	3'694
Coperture	2'011	1.00	2'011
Coperture esistenti	16'303	1.00	16'303
Totale	**22'868**	**0.97**	**22'266**

Tabella 13: Estensione e coefficiente di deflusso – nord.

	est		
Aree	Superficie [mq]	φ	S x φ [mq]
Area verde	0	0.30	0
Area impermeabile	9'666	1.00	9'666
Coperture	2'116	1.00	2'116
Coperture esistenti	3'136	1.00	3'136
Totale	**14'918**	**1.00**	**14'918**

Tabella 14: Estensione e coefficiente di deflusso – est.

11.2 Calcolo dei volumi di laminazione

Il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è il maggiore tra quello risultante dai calcoli di attuazione del metodo delle piogge e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2 del Regolamento Regionale n. 7/2017 e smi, se nonché del metodo dettagliato per il sottobacino sud est.

Il volume minimo viene calcolato sull'area oggetto di ristrutturazione per ogni sottobacino.

Mentre il metodo delle piogge è applicato all'intero sottobacino in quanto le opere di invaso devono essere in grado di smaltire i volumi di pioggia dell'intera area afferente in sicurezza idraulica.

11.2.1 Volume minimo

Secondo il regolamento Regolamento Regionale n. 7/2017 e smi, i requisiti minimi di invaso prevedono un volume generato da un contributo di invaso di 500mc/ha per ogni ettaro di superficie impermeabile.

Il volume di invaso minimo da compensare è sotto riportato per i diversi sottobacini.

Area di intervento	Area di deflusso [mq]	Contributo di invaso minimo decurtato del [mc/ha]	Volume di invaso minimo Wmin [mc]
sud ovest	10'747	500	537
est	11'782	500	589
sud est	13'133	500	657
nord	5'963	500	298

Tabella 15: Volume di invaso secondo i requisiti minimi – aree pubbliche.

ricavato come sotto:

$$W_{min} = S \cdot \varphi \cdot v \, {}^{m^3}/_{ha}$$

Dove S è la superficie servita in ettari, φ il coefficiente medio di deflusso, v il contributo minimo di invaso pari a 500 mc/ha.

11.2.2 Metodo delle sole piogge

Si determina di seguito il volume di invaso con il metodo delle sole piogge per Tr 50 anni.

L'invaso è ottenuto tramite trincee drenanti.

Determinata la portata in uscita scaricata dalle stesse, viene calcolato il volume critico col metodo delle piogge.

L'equazione di continuità è:

$$Qe\ (t) - Qu\ (t) = dW(t) / dt$$

in cui:

- Qe(t) è la portata, nota o predeterminata, in ingresso all'istante generico (t); essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte della vasca stessa;
- Qu(t) è la portata in uscita, pari alla portata infiltrata;
- W(t) è il volume invasato all'istante t.

Il volume d'acqua che entra nei sistemi di invaso, per effetto di una pioggia di durata θ è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n$$

In cui:

- S: superficie drenante

- φ: coefficiente di afflusso costante del bacino drenato a monte dell'invaso,
- a: coefficiente pluviometrico orario [mm/h], definito in altro paragrafo
- n: coefficiente di scala adimensionale, definito in altro paragrafo
- t: la durata dell'evento pluviometrico considerato

Nello stesso periodo il volume in uscita è:

$$W_u = \mathrm{Qu} \cdot \mathrm{t}$$

Il volume invasato nel periodo "t" è la differenza tra i volumi entranti ed uscenti:

$$W = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n - \mathrm{Qu} \cdot \mathrm{t}$$

L'evento critico si ha nel momento in cui il volume invasato rimane costante nel tempo

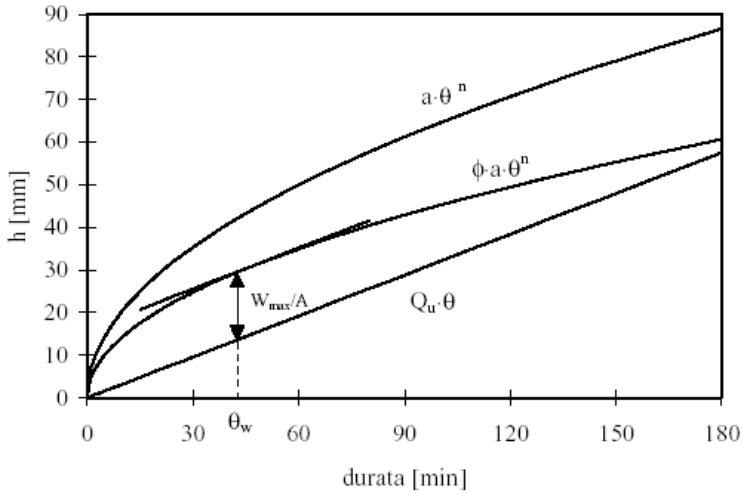


Figura 17- Determinazione dell'evento critico per la vasca con il metodo delle sole piogge (Q_u = Qe)

In altri termini, per determinare l'evento critico si massimizza la funzione W, imponendo:

$$\frac{dW}{dt} = n \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot t_w^{n-1} - Q_u = 0$$

I volumi di invaso da garantire sono riportati in tabella sotto.

Sottobacino	Area di deflusso [mq]	Tempo critico [ore]	Contributo di invaso [mc/ha]	W_0 sole piogge volume critico TR50 anni [mc]	Portata infiltrata [l/s]
sud ovest	17'392	5	688	1'197	25.60
est	14'918	1	353	527	114.97
sud est	19'620	1	367	719	137.05
nord	22'266	1	362	806	160.72

Tabella 16: Volume di invaso da garantire.

Le opere di infiltrazione previste per lo scarico consistono in trincee disperdenti formate da moduli in PP tipo Rigofill o equivalenti strutture anche in CA. Si determina la portata in uscita secondo il metodo riportato nell'allegato F *Metodologie di calcolo dei processi di infiltrazione* del rr07/2017 e smi..

Si prendono in considerazione dei moduli in PP presenti sul mercato, con dimensioni di 80x80x66cm, accostati tra loro e di cui ognuno ha una capacità di accumulo pari al 96%, ovvero 405.5 l.

Le opere di infiltrazione previste per lo scarico consistono in:

Sottobacino	Opera di invaso ed infiltrazione	Dimensioni (BxLxH)
Sud ovest	Trincea disperdente costituita da elementi tipo rigofill o in elementi forati in ca	16.0x28.0x3.96 m
est	Trincea disperdente costituita da elementi tipo rigofill o in elementi forati in ca	9.6x24.0x3.3 m
Sud est	Trincea disperdente costituita da elementi tipo rigofill o in elementi forati in ca	8.8x28.0x3.96 m
nord	Trincea disperdente costituita da elementi tipo rigofill o in elementi forati in ca	12.8x24.0x3.96 m

Tabella 17: Caratteristiche dimensionali dei dispositivi di invaso e infiltrazione.

La trincea drenante permette l'infiltrazione dell'acqua invasata tramite il fondo e le pareti laterali nonché dalla testa e coda.

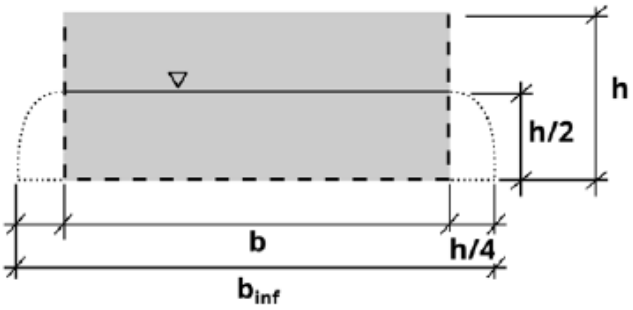


Figura 18-: Schema di dispersione da trincea disperdente.

La portata uscente è quindi espressa dalla seguente formula:

$$Q_u = Q_f = v_i A_i = \frac{k}{2} I_{hy} k A_i$$

Dove:

Q_U= Q_f= portata in uscita infiltrata nel sottosuolo [mc/s];

vi= tasso di infiltrazione dato dal prodotto del coefficiente di permeabilità dimezzato e il gradiente idraulico;

Ai= area attraverso cui avviene il processo di infiltrazione:

k: permeabilità del terreno, pari a $5x10^{-5}$ m/s per l'invaso a sud ovest, e uguale a $5x10^{-4}$ m/s per gli altri invasi.

Con riferimento ad un elemento di infiltrazione di lunghezza unitaria e sezione rettangolare (Figura sopra), si considera che metà dell'altezza dello stesso sia sufficientemente rappresentativa della fase di riempimento dell'elemento e che il fronte di infiltrazione dato dalla superficie laterale sia circa ¼ dell'altezza dell'elemento infiltrante. La larghezza della superficie effettivamente oggetto di infiltrazione, $b\inf$ quindi pari a:

$$b_{inf} = b + \frac{h}{4} + \frac{h}{4}$$

dove b è la larghezza dell'elemento di infiltrazione.

Il gradiente idraulico è espresso come di seguito:

$$I_{hy} = \frac{h_S+z}{h_S+z/2} \sim 1 \; se \; z \ll h_s$$

dove h_S (m) è la distanza della falda dal fondo dell'opera di infiltrazione, z (m) è lo spessore dello strato saturo.

Si riporta di seguito la portata infiltrata dalle trincee in esame.

	sud ovest	est	sud est	nord
Altezza [m]	3.96	3.3	3.96	3.96
Lunghezza [m]	28.0	24.0	28.0	12.8
Larghezza [m]	16.0	9.6	8.8	24.0
Lunghezza di infiltrazione [m]	30.0	25.7	30.0	14.8
Larghezza di infiltrazione [m]	17.0	10.4	9.8	25.0
Area infiltrante [mq]	683.6	378.3	439.2	515.1
Permeabilità k [m/s]	6.00E-05	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04
Distanza da falda [m]	6	6	6	6
Carico idraulico H [m]	3.96	3.3	3.96	3.96
Gradiente idraulico Ihy [m/m]	1.25	1.22	1.25	1.25
Qu Portata in uscita [mc/s]	0.026	0.115	0.137	0.161
Qu Portata in uscita [l/s]	**25.60**	**114.97**	**137.05**	**160.72**

Tabella 18: Calcolo delle portate infiltrate dalle trincee disperdenti.

11.2.3 Procedura dettagliata

Si applica la procedura dettagliata al bacino denominato *sud est*, che copre una superficie di 2.05 ha con un coefficiente di deflusso pari a 0.96.

Noti i dati di impermeabilizzazione nello stato di progetto, si è proceduto alla determinazione degli idrogrammi di piena per i vari tempi di pioggia esaminati.

I colmi delle onde di piena generate, i coefficienti udometrici e gli idrogrammi di piena sono riportati in seguito:

Tempo di pioggia [min/ore]	10min	30min	1	3	6	9	12	14	18	24
Portata di picco QMAX [l/s]	233	290	242	111	69	52	43	39	33	27
Coefficiente udometrico [l/sha]	173	216	181	82	51	39	32	29	24	20

Tabella 19: Volume di invaso di progetto.

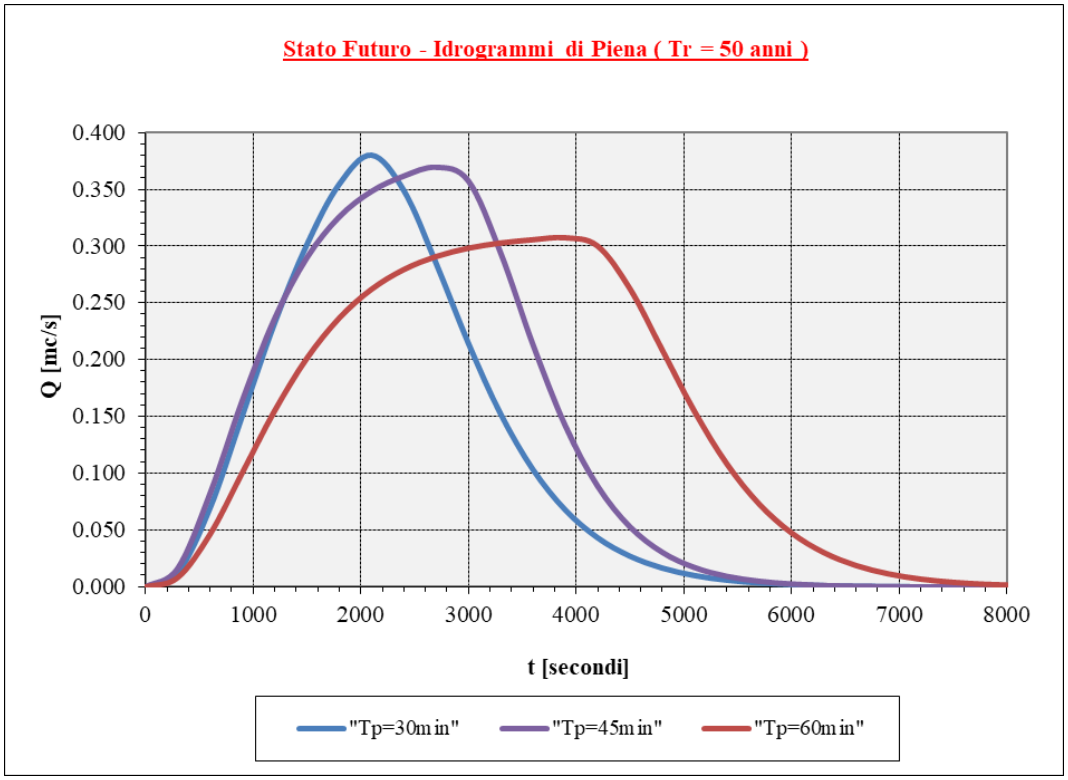


Figura 19-: Idrogrammi di piena per il bacino di trasformazione – T_R=50 anni.

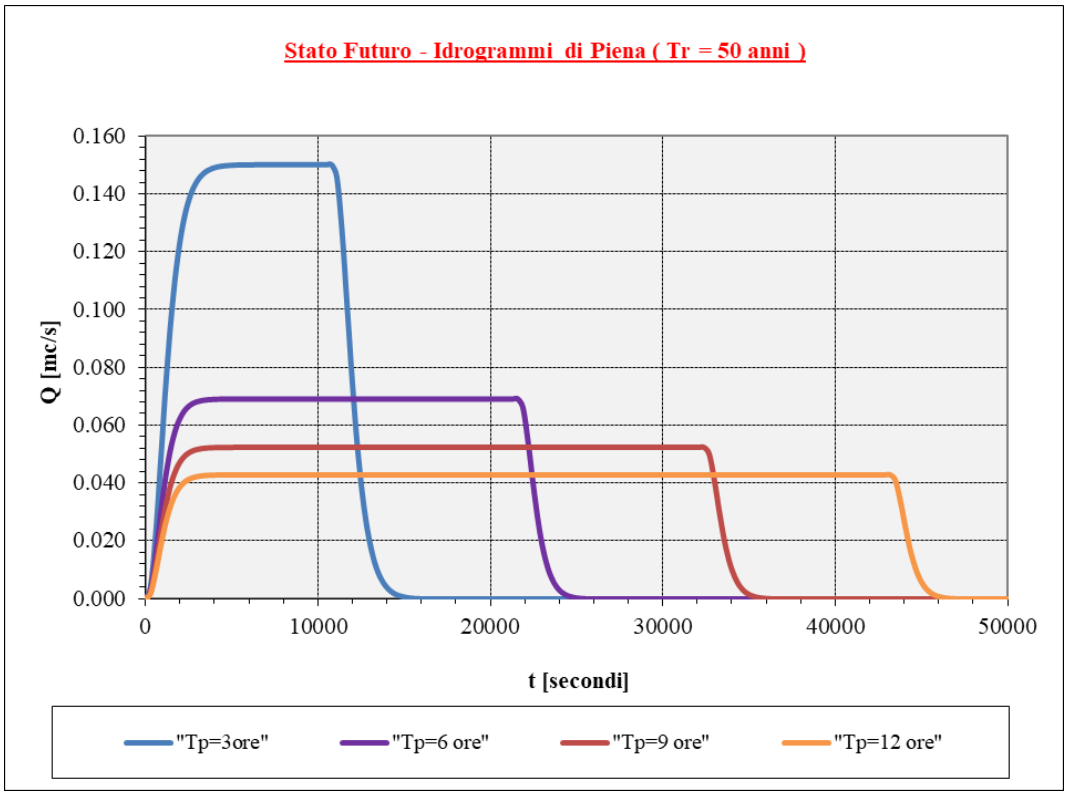


Figura 20-: Idrogrammi di piena per il bacino di trasformazione – T_R=50 anni.

Nel valutare la risposta idraulica dell'area impermeabilizzata si è considerata la portata infiltrata di 137.05 l/s.

L'analisi idraulica compiuta ha portato alla determinazione della portata di picco, del coefficiente udometrico massimo e dei volumi di invaso rispettivamente per tutti i tempi di precipitazione presi in esame.

Si riporta di seguito una tabella contenente i risultati numerici ottenuti dalle simulazioni idrauliche dove:

- Q_{max} = portata massima generata;
- u_{max} = coefficiente udometrico massimo generato pari al rapporto tra Q_{max} e la superficie del bacino;
- V = volume di invaso necessario per la laminazione delle piene, garantendo una portata in uscita equivalente alla portata allo stato di fatto;
- vo = volume di invaso specifico per unità di superficie;

- vo' = volume di invaso specifico per unità di superficie impermeabilizzata.

Tempo di pioggia [min o ore]	30min	45min	**1**	3	6
Portata di picco QMAX [l/s]	380	369	**307**	150	91
Coefficiente udometrico [l/sha]	185	180	**150**	73	45
Volume di invaso di picco [mc]	356	478	**494**	104	0
Contributo di invaso v0 [mc/ha]	174	233	**241**	51	0

Tabella 20: Parametri idraulici da modello afflussi-deflussi.

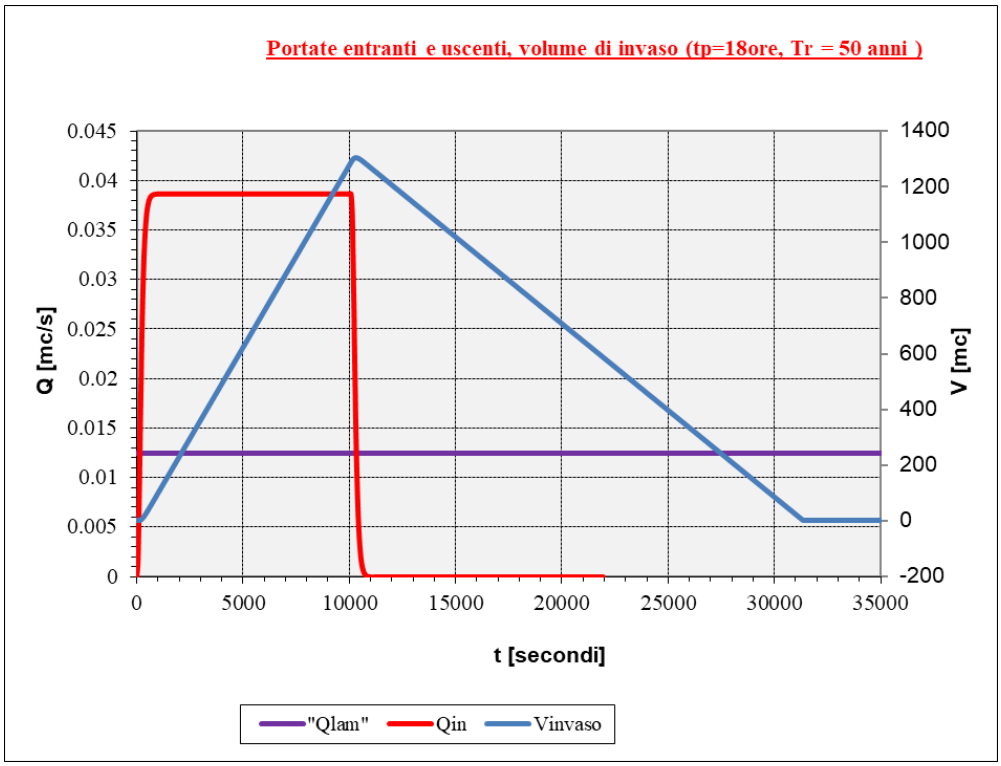


Figura 21-: Andamento dei principali parametri idraulici per il bacino di trasformazione.

Il volume massimo è quello corrispondente ad eventi di precipitazione di 1 ora, pari a 494 *mc*, per ad un contributo specifico di 241 *mc/ha*. Il volume risultante è minore a quello derivante dai requisiti minimi imposti dalla normativa e con il metodo delle sole piogge (si veda tabella al paragrafo successivo).

11.2.4 Scelta dei volumi di invaso

I volumi di invaso da garantire nei diversi sottobacini sono individuati sotto in tabella, in grassetto.

Sottobacino	Contributo di invaso - requisiti minimi [mc/ha]	Volume minimo di invaso [mc]	Contributo di invaso - metodo delle sole piogge [mc/ha]	W_0 sole piogge volume critico - metodo delle sole piogge [mc]	Contributo di invaso - metodo dettagliato [mc/ha]	W_0 sole piogge volume critico - metodo dettagliato [mc]
sud ovest	500	537	**688**	**1'197**	-	-
est	**500**	**589**	353	527	-	-
sud est	500	657	**367**	**719**	241	494
nord	500	298	**362**	**806**	-	-

Tabella 21: Volume di invaso da garantire in grassetto.

12. SISTEMI DI INVASO

Per la laminazione e la dispersione dei volumi generati dalle piogge che afferiscono nell'area di progetto si prevedono 5 sistemi di invaso e dispersione. Essi possono essere formati da moduli in PP o in alternativa da vasche o pozzi in cls forati.

Di seguito si prende in considerazione le trincee disperdenti formate da moduli in PP tipo Rigofill o equivalenti. Si prendono in considerazione dei moduli in PP presenti sul mercato, con dimensioni di 80x80x66cm, accostati tra loro e di cui ognuno ha una capacità di accumulo pari al 96%, ovvero 405.5 l.

Le dimensioni delle opere di invaso e dispersione sono di seguito riportate:

	sud ovest	est	sud est	nord
n° moduli sovrapposti	6	5	6	6
n° moduli lunghezza	35	30	35	30
n° moduli larghezza	20	12	11	16
Altezza [m]	3.96	3.3	3.96	3.96
Lunghezza [m]	28.0	24.0	28.0	12.8
Larghezza [m]	16.0	9.6	8.8	24.0

Tabella 22: Caratteristiche dimensionali dei dispositivi di invaso e infiltrazione.

	sud ovest	est	sud est	nord
Volume da invasare [mc]	1197	589	719	806
Volume a disposizione nei moduli [mc]	1635	701	899	1121
Numero moduli	4200	1800	2310	2880

Tabella 23: Volume di invaso di progetto e da garantire.

I sistemi di invaso e infiltrazione assicurano volumi di invaso maggiori a quelli dell'accumulo idrico di progetto. Il sistema è così verificato.

Non è considerato il volume dei pozzi esistenti a nord ed a est, a titolo cautelativo.

I sistemi di invaso e infiltrazione sono verificati anche per un evento con tempo di ritorno di 100 anni come di seguito indicato in tabella.

Sottobacino	Area di deflusso [mq]	Portata infiltrata [l/s]	Tempo critico [ore]	Contributo di invaso TR100anni [mc/ha]	W_0 sole piogge volume critico TR100anni [mc]	Volume a disposizione [mc]
sud ovest	17'392	25.60	6	802	1'394	1'635
est	14'918	114.97	1	411	614	701
sud est	19'620	137.05	1	428	840	899
nord	22'266	160.72	1	422	940	1'121

Tabella 24: Verifica del volume di invaso per un evento meteorico con TR100 secondo il metodo delle sole piogge.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

12.1 Tempo di svuotamento

Il tempo di svuotamento dei dispositivi di invaso dev'essere inferiore a 48 ore, secondo rr7/2017 e smi. Si procede in seguito alla verifica di tale tempo di svuotamento considerando un volume di accumulo pari a quello minimo prescritto da normativa che è anche il massimo risultante.

Il tempo di svuotamento è semplicemente calcolato come il rapporto tra il volume di invaso e la portata infiltrata:

$$Ts = \frac{Wd}{Qu}$$

Dove Wd è il volume di invaso richiesto, Qu è la portata in uscita tramite sistema di pompaggio o infiltrazione.

Sottobacino	Volume a disposizione [mc]	Portata infiltrata [l/s]	Tempo di svuotamento [ore]
sud ovest	1'635	25.60	18
est	701	114.97	2
sud est	899	137.05	2
nord	1'121	160.72	2

Tabella 25: Verifica dei tempi di svuotamento delle trincee.

Il tempo di svuotamento delle due trincee è inferiore a 48 ore, la verifica risulta quindi soddisfatta.

13. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO DELLE ACQUE METEORICHE

Per determinare la massima portata affluente alle condotte di progetto previamente illustrate è stato utilizzato il metodo cinematico che consente di valutare la portata al colmo introducendo semplificazioni che riguardano sia le leggi che governano le varie fasi del processo di deflusso della portata che la rappresentazione geomorfologica ed idrografica del sottobacino stesso.

Esso riduce l'idrogramma di piena ad un trapezio. Secondo tale ipotesi la portata massima che mette in crisi il bacino risulta essere quella generata da un evento meteorico di durata pari al tempo di corrivazione del bacino stesso.

Il metodo razionale è stato applicato ai 2 principali sottobacini scolanti, noti per ognuno di esso i valori della superficie totale, impermeabilizzata e verde.

Per cui data l'altezza di pioggia h la portata efficace da essa generata sarà:

$$Q = \frac{\varphi S h}{t_p} \qquad \left[\frac{mc}{s}\right];$$

dove:

φ = coefficiente di permeabilità media del bacino;

S = area del bacino [mq];

h = altezza di pioggia in un tempo di pioggia tp [m];

tp = tempo di precipitazione assunto secondo ipotesi del metodo cinematico pari al tempo di corrivazione [s].

Il tempo di corrivazione è stato valutato in base alle caratteristiche pedologiche per ogni sottobacino scolante.

Il calcolo è riportato al capitolo sull'analisi idrologica (paragrafo 10.2).

Sottobacino	Tempo di corrivazione assunto [min]
sud ovest	30
est	25
sud est	30
nord	30

Tabella 26: Tempo di corrivazione per il bacino di progetto.

Si riporta di seguito la portata di progetto così ottenuta per ogni sottobacino.

	sud ovest	est	sud est	nord
Area raccolta Sφ [mq]	17392.10	14917.50	19619.60	22266.00
Tempo di corrivazione	30	25	30	30
Portata di picco Q max in arrivo [mc/s]	0.410	0.386	0.463	0.525

Tabella 27: Portata di piena per i sottobacini di progetto, calcolata con metodo cinematico – TR50.

14. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI RACCOLTA E TRASPORTO DELLE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO

Il dimensionamento delle condotte di progetto è stato eseguito secondo la formula di Gauckler-Strickler che descrive il moto uniforme a gravità:

$$Q = k_s R_H^{2/3} A \sqrt{i}$$

dove:

ks= coefficiente di scabrezza Gauckler-Strickler [$m^{1/3}/s$];

RH= raggio idraulico della sezione di deflusso;

A= area di deflusso [m^2];

i= pendenza di fondo della condotta [m/m].

Il coefficiente di Strickler che indica la scabrezza della condotta è uguale a 90 $m^{1/3}/s$ per le condotte in materiale plastico (tubi usati) e pari a 70 $m^{1/3}/s$ per le condotte in calcestruzzo.

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche delle condotte di progetto.

Noto che il grado di riempimento delle condotte dev'essere minore di quello massimo ammissibile pari all'80%.

Area afferente	**S [mq]**	150	800	3000	12000	11000
Portata meteorica	**Q [mc/s]**	0.009	0.046	0.123	0.400	0.367
Materiale		PVC	PVC	PVC	PVC	CLS
Diametro interno	**Di [m]**	0.188	0.297	0.377	0.593	0.600
Diametro nominale	**DN [mm]**	200	315	400	630	600
Area di deflusso	**A [mq]**	0.03	0.07	0.11	0.28	0.28
Pendenza di scorrimento	**i [m/m]**	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Coefficiente di scabrezza	**Ks [$m^{1/3}/s$]**	90	90	90	90	70
Capacità di deflusso	**Q_0 [mc/s]**	0.02	0.08	0.15	0.49	0.40
Rapporto di portata	**Q/Q0**	0.38	0.60	0.84	0.81	0.93
Grado di riempimento	**y/D**	0.42	0.55	0.69	0.68	0.76
Tirante	**Y [m]**	0.08	0.16	0.26	0.40	0.46
Raggio idraulico	**Rh [m]**	0.04	0.08	0.11	0.17	0.18
Velocità	**v [m/s]**	0.77	1.17	1.47	1.98	1.59

Tabella 28: Caratteristiche geometriche e idrauliche delle condotte di progetto.

L'area della superficie afferente ai condotti di trasporto delle acque meteoriche è inferiore a quella massima servibile per ogni tipologia di sezione del canale di progetto. Il grado di riempimento delle condotte è minore di quello massimo ammissibile pari all'80%.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione specifica.

15. CONCLUSIONI

I sistemi di invaso e dispersione in progetto garantiscono l'invaso e la dispersione delle acque meteoriche defluenti nell'area di progetto, in linea con la normativa vigente.

Gli interventi di progetto, con le specifiche e le prescrizioni sopra riportate, non determinano dei cambiamenti nella risposta idraulica del territorio.

16. APPENDICE 1: METODO DI NASH

13.1 Descrizione del processo fisico di formazione dei deflussi superficiali

Per meglio comprendere il modello afflussi-deflussi, occorre descrivere sinteticamente i processi che avvengono all'interno del Sottobacino quando si verifica su di esso un evento di precipitazione di una certa entità.

Quando l'acqua meteorica raggiunge il terreno (dopo un eventuale processo di intercettazione da parte della vegetazione) parte di essa evapora e ritorna nell'atmosfera; tale processo risulta però trascurabile nel caso di precipitazioni intense di breve durata.

L'acqua sul terreno in parte si infiltra nel suolo, inizialmente in quantità elevata e con velocità sempre più ridotta al procedere della precipitazione fino a quando l'intensità della pioggia supera la capacità di infiltrazione del terreno; a questo punto l'acqua che cade non riesce più tutta ad infiltrarsi per cui il surplus rimane sulla superficie del terreno ristagnando o dando luogo ad uno scorrimento sui versanti del Sottobacino.

Si formano quindi dei rigagnoli ad andamento irregolare che si raccolgono in una rete di rigagnoli di maggiori dimensioni al procedere dello scorrimento fino ad immettersi nella rete drenante vera e propria, qui si forma un'onda di piena che trasferisce la propria forma nella rete collettrice con un processo di propagazione.

13.2 Meccanismo di generazione dei deflussi superficiali

Nel modello utilizzato i meccanismi di generazione dei deflussi superficiali risultano diversi a seconda che il suolo su cui cade l'acqua meteorica sia impermeabilizzato (nel caso cioè di zone urbanizzate) o meno.

Qui di seguito vengono descritti i modelli di filtrazione e detenzione superficiali assunti alla base delle simulazioni effettuate.

AREE PERMEABILI

Per quanto concerne le aree non impermeabilizzate dall'intervento antropico, si è utilizzato il modello di Horton di generazione dei deflussi superficiali.

Si è quindi ipotizzato che l'acqua di precipitazione in parte si accumuli nelle depressioni superficiali del terreno ed in parte si infiltri nel terreno fino a saturarlo, a questo punto l'acqua meteorica si infiltra solamente in minima parte e praticamente tutta scorre in superficie fino a raggiungere la rete drenante.

La formulazione matematica del processo di infiltrazione sopra descritto è riassumibile nella curva di Horton:

$$f(t) = f_C + (f_0 - f_C) \cdot e^{-kt}$$

dove:

a) f(t) è la capacità di infiltrazione nel tempo espressa in mm/h
b) fo è l'infiltrazione massima che si verifica al tempo t = 0
c) fc è il valore di infiltrazione raggiunto asintoticamente ad un tempo infinito
d) k è una costante che qualifica la velocità dell'esaurimento, cioè del passaggio dal valore fo al valore fc.

Ogni suolo è quindi caratterizzato da quattro parametri fo, fc e k e la detenzione superficiale ds.

Dai dati disponibili in letteratura e dai test di validità del modello effettuati con misure sperimentali e tramite confronto con altri modelli matematici, si può ritenere che il coefficiente k può assumersi pari 4.14 h^{-1}.

Si sono assegnati, considerando i terreni della zona in esame ed in accordo con quanto disponibile in letteratura, i seguenti parametri della curva di Horton:

fo (mm/h) = 120;

fc (mm/h) = 13;

ds (mm) = 5.

Per le aree impermeabilizzate dagli insediamenti antropici, la pioggia netta efficace è stata ottenuta mediante la sola sottrazione della detenzione superficiale stimata, secondo valori di letteratura, pari a 1.57 mm.

13.3 Formulazione del modello matematico

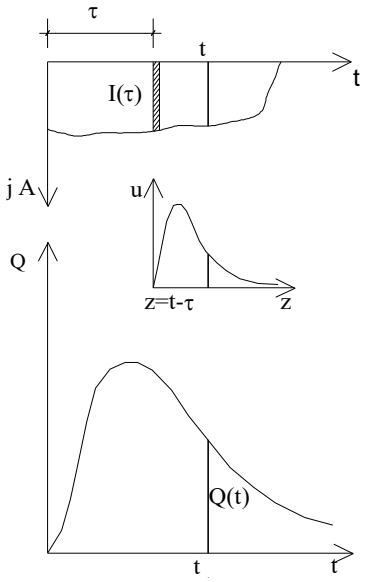
Il modello matematico URBHYD è un modello concettuale che si basa sulla schematizzazione separata delle aree permeabili e di quelle impermeabili come due serbatoi lineari in parallelo.

Dato uno ietogramma efficace qualsiasi è possibile per ogni parte del Sottobacino (permeabile ed impermeabile) determinare per convoluzione l'idrogramma dei deflussi superficiali corrispondenti per poi sommarli ed ottenere quindi l'idrogramma di piena della totalità del Sottobacino.

La precipitazione elementare avente un volume:

$$dV = I(\tau)\, dt$$

genera un idrogramma che si ottiene da quello dell'idrogramma unitario (generato da una precipitazione netta di volume unitario) moltiplicando le ordinate per dV.



L'ordinata dell'idrogramma al tempo t sarà data dalla somma dei contributi delle precipitazioni elementari di durata dτ compresa tra 0 e t, ovvero dal seguente integrale denominato integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t u(t-\tau) \cdot I(\tau) \cdot d\tau \, .$$

Per la determinazione dell'idrogramma unitario, si ricorre alla schematizzazione separata degli apporti provenienti dalle aree permeabili ed impermeabili del Sottobacino che vengono schematizzate mediante due serbatoi lineari aventi cioè la seguente relazione tra portata uscente e volume invasato:

$$V = K \cdot Q \, .$$

Si consideri l'equazione di continuità dei serbatoi:

$$I(t) - Q(t) = \frac{dV}{dt} = K \cdot \frac{dQ}{dt} \, ,$$

moltiplicando entrambi i membri per $e^{\frac{t}{k}}$ si ottiene:

$$e^{\frac{t}{k}} \cdot I(t) = e^{\frac{t}{k}} \cdot Q(t) + e^{\frac{t}{k}} \cdot K \cdot \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}\left[e^{\frac{t}{k}} \cdot K \cdot Q(t) \right]$$

e quindi integrando tra 0 e t si ottiene:

$$\int_0^t e^{\frac{t}{k}} \cdot I(\tau) \cdot d\tau = \int_0^t \frac{d}{dt}\left[e^{\frac{t}{k}} \cdot K \cdot Q(t) \right] \cdot dt = e^{\frac{t}{k}} \cdot K \cdot Q(t).$$

Si ottiene perciò:

$$Q(t) = \int_0^t \frac{e^{-\frac{t-\tau}{k}}}{K} \cdot I(\tau) \cdot d\tau$$

che confrontata con l'integrale di convoluzione fornisce:

$$u(t) = \frac{e^{-\frac{t}{K}}}{K}.$$

Il valore del coefficiente di invaso K per entrambi i serbatoi (che simulano l'area impermeabile e quella permeabile rispettivamente) si ottiene dalla seguente relazione basata sulla teoria dell'onda cinematica:

$$K = \frac{a \cdot L^{0.6} \cdot n^{0.6}}{I_{MAX}^{0.4} \cdot S^{0.3}}$$

dove:

K è il coefficiente di invaso;

L è la lunghezza del Sottobacino;

Imax è l'intensità massima della pioggia netta;

n è il coefficiente di scabrezza superficiale di Manning assunto pari a 0.25 per le aree permeabili e pari a 0.013 per quelle impermeabilizzate;

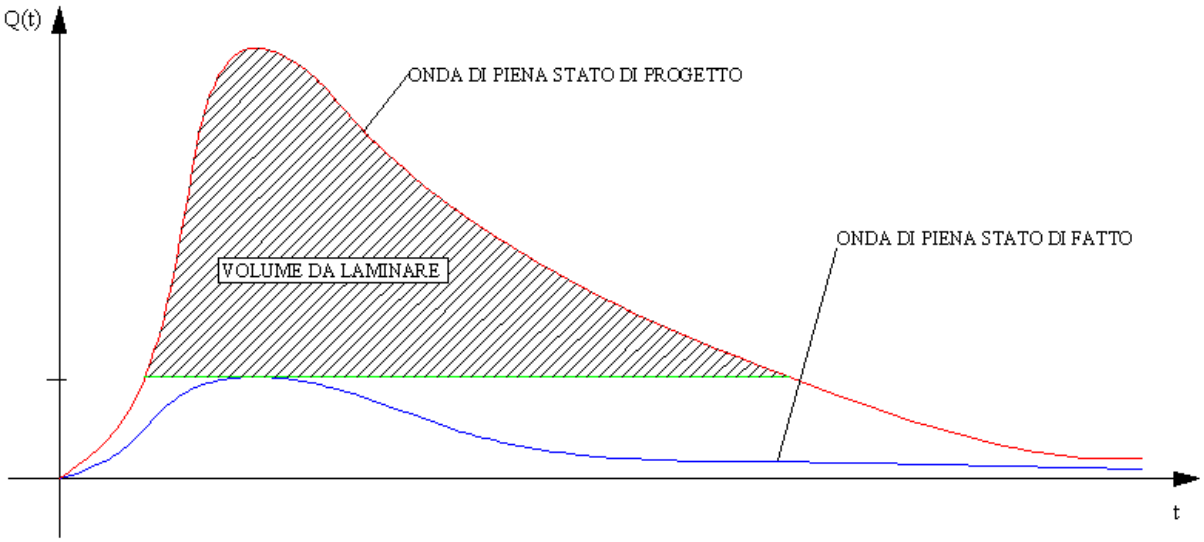
S è la pendenza del Sottobacino;

a è un fattore di conversione dimensionale.

13.4 Calcolo del volume d'invaso

Il volume che deve essere invasato all'interno dell'area di intervento e rilasciato in un secondo tempo è stato determinato come la differenza, per ogni istante considerato, tra la piena generata nelle condizioni attuali e quelle previste a seguito delle nuove urbanizzazioni.

Tale concetto si può tradurre anche graficamente come segue:



Quindi, allo stato attuale, per ogni tempo t_i, si verifica la portata $Q_f(t_i)$, precedente al tempo $t_{i+\Delta t}$ per il quale si verifica la portata $Q_f(t_{i+\Delta t})$; mentre allo stato di progetto si hanno per gli stessi istanti le portate $Q_p(t_i)$ e $Q_p(t_{i+\Delta t})$. Essendo la portata di colmo dell'idrogramma di piena allo stato di fatto Q_{cf} il volume è stato determinato quindi come:

$$V = \int \left[Q_p(t) - Q_{cf} \right] dt$$

ovvero essendo noto l'idrogramma di piena discretizzato per valori temporali t_i

$$V = \sum_i \left[Q_p(t_i) - Q_{cf} \right] \Delta t$$

17. PIANO DI MANUTENZIONE

Al fine di mantenere sempre efficienti le opere relative all'invarianza idraulica, di seguito si riporta "Il piano di manutenzione" come previsto all'art. 13 del Regolamento.
Le opere relative all'invarianza idraulica comprendono: il sistema di drenaggio delle acque pluviali, il sistema di raccolta delle acque provenienti dai piazzali e dalla viabilità.

Gli interventi di manutenzione previsti si possono così riassumere:

- Fognature: camerette, pozzetti con chiusini grigliati e non, tubi, canaline:
    - pulizia delle caditoie, delle canalette e delle camerette in prossimità di eventi meteo stagionali;
    - pulizia e spurgo delle condotte annuale, in caso di lunghi periodi di siccità ogni sei mesi;
    - rifacimento sigillature, ripristini, sostituzioni di parti mancanti annuale;
- Disoleatori:
    - pulizia filtri con cadenza mensile;
    - controllo del battente oleoso con cadenza mensile;
    - spurgo quando segnalato dal sistema;
    - verifica ogni 6 mesi della funzionalità delle parti elettriche e di segnalazione di troppo pieno;
- Pluviali:
    - ispezione trimestrale;
    - pulizia della copertura, dei canali, sostituzione di parti ammalorate o mancanti annuale.
- Sistemi di infiltrazione:
    - ispezione visiva impianto e pozzetti di immissione + ispezione con videocamera ogni 6 mesi
    - ispezione e pulizia trincea ogni 6 mesi
    - ispezione e pulizia a seguito di eventi meteorici estremi
- Pompe sommerse:
    - rotazione ciclica della pompa di riserva con cadenza mensile;
    - eventuale taratura dei pressostati on cadenza mensile
    - verifica efficienza contatti on cadenza mensile e loro sostituzione con cadenza annuale;
    - controllo delle pressioni di esercizio prefissato con cadenza trimestrale.

18. ALLEGATO E – ASSEVERAZIONE

ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITA' DEL PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'

(Articolo 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)

La/Il sottoscritta/o ***Massimo Gallina***
nata/o a ***Treviso*** il ***21/03/1975***
residente a ***San Donà di Piave (VE)***
in via ***Venezia*** n. ***11***
iscritta/o al [X] Ordine [ ] Collegio di ***Ingegneri*** della provincia di ***Treviso***
Regione ***Veneto*** n. ***A2531***
incaricata/o dal/i signor/i ***Roberto Marconi***
in qualità di [ ] proprietario [ ] utilizzatore [X] Procuratore speciale di ***SAVILLS I.M. SGR S.P.A.***
di redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* per l'intervento di
Realizzazione di nuovo data center
sito in Provincia di ***Bergamo*** Comune di ***Treviglio***
in via/piazza ***Della Costa*** n. ***2***

Foglio n.	***33***	Mappale n.	***14692***	Subalterno n.	***701,2,3,4,702,703,6***
Foglio n.	***(logico) 9***	Mappale n.	***14368***		
Foglio n.	***(logico) 9***	Mappale n.	***14370***		
Foglio n.	***(logico) 9***	Mappale n.	***14374***		
Foglio n.	***9***	Mappale n.	***14376***		
Foglio n.	***9***	Mappale n.	***14645***		
Foglio n.	***9***	Mappale n.	***14845***		

In qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici

Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

[ ] che il comune di *Treviglio* in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:

- [ ] A: ad alta criticità idraulica
- [X] B: a media criticità idraulica
- [ ] C: a bassa criticità idraulica

oppure

[ ] che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità

[ ] che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo, purché non pavimentato, o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o da fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma1, lettera a)

[ ] che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerato la portata massima

___ ammissibile per l'area (A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo) *B* pari a:

- [ ] 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
- [X] 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
- [ ] l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore _____

- [ ] che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata dai sistemi di infiltrazione è pari a *0,00* l/s, che equivale ad una portata infiltrata pari a *0,00* l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

- [ ] che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:
  - [ ] Classe "0"
  - [ ] Classe "1" Impermeabilizzazione potenziale bassa
  - [ ] Classe "2" Impermeabilizzazione potenziale media
  - [X] Classe "3" Impermeabilizzazione potenziale alta

- [ ] che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:
  - [ ] all'articolo 12, comma 1 del regolamento
  - [ ] all'articolo 12, comma 2 del regolamento

- [X] di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica*con i contenuti di cui:
  - [X] all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
  - [ ] all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)

- [X] di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento;

ASSEVERA

- [X] che il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica*previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento;

- [X] che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento;

- [ ] che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;

- [ ] che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art. 12, comma 1, lettera a) del regolamento;

- [ ] che l'intervento ricade nell'ambito della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6, comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di € *0,00*;

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 13 del Dlgs 196 del 30 giugno 2003, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Milano, 17/12/2025 **Il Dichiarante**

(luogo e data)

Ai sensi dell'articolo 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'articolo 47 del d.lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica.

La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 445/2000.